

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

JPA 10-191100

(11) Publication number: 10191100 A

(43) Date of publication of application: 21.07.98

(51) Int. Cl.

H04N 5/14

G06T 5/00

G09G 5/36

H04N 7/18

(21) Application number: 08357012

(22) Date of filing: 26.12.96

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: MIYAMOTO YOSHIHIRO
DOI SHOJI

(54) VIDEO SIGNAL PROCESSING METHOD

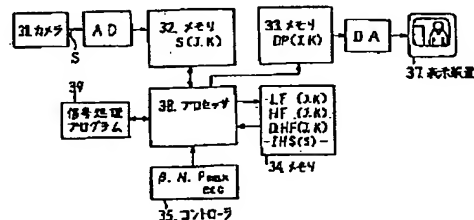
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To display the source video signals having a wide dynamic range at the display device having a low dynamic range with excellent contrast by extracting high frequency components by removing low frequency components from the source video signals and turning signals for which the low frequency components to which the prescribed weighting less than one is performed are added to the high frequency components to display signals.

SOLUTION: A processor 38 computes the low frequency components LF, the high frequency components HF generated by removing the low frequency components LF, the conversion function IHS of the counted value of the frequency of a histogram and the conversion display signals DHF of the high frequency components HF converted by the conversion function IHS from the source video signals S from a camera 31 stored in a memory 32 and stores them in the memory 34. Then, the conversion display signals DHF and the low frequency components LF weighted by a coefficient β are added and the display signals DP are generated and stored in the memory 33. Thus, the high frequency components HF are emphasized

and video images with the improved contrast are displayed at the display device 37.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-191100

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月21日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H04N 5/14

H04N 5/14

A

G06T 5/00

G09G 5/36

520

C

G09G 5/36

520

H04N 7/18

L

H04N 7/18

G06F 15/68

310

J

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全14頁)

(21) 出願番号

特願平8-357012

(22) 出願日

平成8年(1996)12月26日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 宮本 義博

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 土肥 正二

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 土井 健二 (外1名)

(54) 【発明の名称】 映像信号処理方法

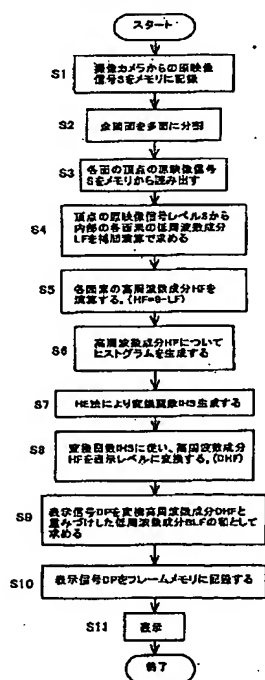
(57) 【要約】

(修正有)

【課題】 赤外線やX線などのカメラから取得した映像信号を簡単なアルゴリズムにより処理して、コントラストの高い表示信号を生成する方法及び装置を提供する。

【解決手段】 画面を複数の多角形に分割し、多角形の頂点に対応する画素の原映像信号強度Sから補間演算により多角形内の各画素の低周波数成分の信号強度LFを求める工程と、画素毎に、原映像信号Sから低周波数成分の信号LFを減算し、当該画素の高周波数成分の信号強度HFを求める工程と、周波数成分の信号強度HFについて、それぞれの信号強度の頻度数を示すヒストグラムから、例えばHE法により、当該頻度数の積分値からなる変換関数IHSを求め、変換関数IHSから高周波数成分の信号強度HFを表示信号強度DHFに変換する工程と、このDHFに低周波数成分の信号LFに1未満の重み係数 β を乗算した信号を加算した表示信号DPを求める工程とを有する。

1フレーム表示までの信号処理フローチャート



【特許請求の範囲】

【請求項 1】撮像手段から取得される原映像信号から表示信号を生成する映像信号処理方法において、画面を複数の多角形に分割し、該多角形の頂点に対応する画素の原映像信号強度から補間演算により該多角形内の画素の信号強度を求めて、当該画素の低周波数成分の信号強度を求める工程と、

前記画素毎に、前記原映像信号から該低周波数成分の信号を減算する演算を行い、当該画素の高周波数成分の信号強度を求める工程と、

前記高周波数成分の信号に前記低周波数成分の信号に 1 未満の重み係数を乗算した信号を加算して、当該画素の表示信号を求める工程と、

該表示信号に従って、表示装置に映像を表示する工程とを有することを特徴とする映像信号処理方法。

【請求項 2】撮像手段から取得される原映像信号から表示信号を生成する映像信号処理方法において、画面を複数の多角形に分割し、該多角形の頂点に対応する画素の原映像信号強度から補間演算により該多角形内の画素の信号強度を求めて、当該画素の低周波数成分の信号強度を求める工程と、

前記画素毎に、前記原映像信号から該低周波数成分の信号を減算する演算を行い、当該画素の高周波数成分の信号強度を求める工程と、

該高周波数成分の信号強度について、それぞれの信号強度の頻度数を示すヒストグラムから、それぞれの信号強度までの当該頻度数の積分値からなる変換関数を求める工程と、

該変換関数にしたがって前記高周波数成分の信号強度を表示信号強度に変換する工程と、

該変換された高周波数成分の表示信号に前記低周波数成分の信号に 1 未満の重み係数を乗算した信号を加算して、当該画素の表示信号を求める工程と、

該表示信号に従って、表示装置に映像を表示する工程とを有することを特徴とする映像信号処理方法。

【請求項 3】請求項 1 または 2 に記載の映像信号処理方法において、

前記画面を複数の多角形に分割する時に、複数の三角形に分割することを特徴とする。

【請求項 4】請求項 1 または 2 に記載の映像信号処理方法において、

前記頂点に対応する画素の原映像信号強度を、当該画素の周囲の画素の原映像信号強度の平均値とする工程を有することを特徴とする。

【請求項 5】請求項 1 または 2 に記載の映像信号処理方法において、

前記頂点に対応する画素の原映像信号強度を、複数のフレームにおける原映像信号強度の平均値とする工程を有することを特徴とする。

【請求項 6】請求項 1 または 2 に記載の映像信号処理方

法において、

前記重み係数を可変設定可能にしたことを特徴とする。

【請求項 7】請求項 2 に記載の映像信号処理方法において、

前記変換関数を求める工程において、それぞれの信号強度における頻度数を所定の最大頻度数までしか積分しないことを特徴とする。

【請求項 8】請求項 7 に記載の映像信号処理方法において、

10 前記最大頻度数を可変設定可能にしたことを特徴とする。

【請求項 9】請求項 1 または 2 に記載の映像信号処理方法において、

前記高周波数成分の信号強度を求める工程において、前記原映像信号から該低周波数成分の信号を減算して求めた中間信号強度について、更に前記多角形よりも小さい別の多角形の頂点から補間演算により当該別の多角形内の画素の中間周波数成分の信号を生成し、

前記原映像信号から前記低周波数成分の信号と中間周波数成分の信号とを減算して、前記画素毎の高周波数成分の信号を生成することを特徴とする。

【請求項 10】撮像手段と、

該撮像手段が取得した原映像信号を記録する原映像信号メモリと、

該原映像信号を前記原映像信号メモリから読み出して表示用信号を生成する映像信号処理部と、

該映像信号処理部で生成された表示信号を記録する表示信号メモリとを有し、

前記映像信号処理部が、

30 画面を複数の多角形に分割し、該多角形の頂点に対応する画素の原映像信号強度から補間演算により該多角形内の画素の信号強度を求めて、当該画素の低周波数成分の信号強度を求める機能と、

前記画素毎に、前記原映像信号から該低周波数成分の信号を減算する演算を行い、当該画素の高周波数成分の信号強度を求める機能と、

前記高周波数成分の信号に前記低周波数成分の信号に 1 未満の重み係数を乗算した信号を加算して、当該画素の表示信号を求める機能とを有することを特徴とする映像信号処理装置。

【請求項 11】撮像手段と、

該撮像手段が取得した原映像信号を記録する原映像信号メモリと、

該原映像信号を前記原映像信号メモリから読み出して表示用信号を生成する映像信号処理部と、

該映像信号処理部で生成された表示信号を記録する表示信号メモリとを有し、前記映像信号処理部が、

画面を複数の多角形に分割し、該多角形の頂点に対応する画素の原映像信号強度から補間演算により該多角形内の画素の信号強度を求めて、当該画素の低周波数成分の

信号強度を求める機能と、

前記画素毎に、前記原映像信号から該低周波数成分の信号を減算する演算を行い、当該画素の高周波数成分の信号強度を求める機能と、

該高周波数成分の信号強度について、それぞれの信号強度の頻度数を示すヒストグラムから、それぞれの信号強度までの当該頻度数の積分値からなる変換関数を求める機能と、

該変換関数にしたがって前記高周波数成分の信号強度を表示信号強度に変換する機能と、

該変換された高周波数成分の表示信号に前記低周波数成分の信号に 1 未満の重み係数を乗算した信号を加算して、当該画素の表示信号を求める機能とを有することを特徴とする映像信号処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、赤外線カメラ、X線カメラ、内視鏡等の低コントラストの映像信号をより鮮明にして表示することができる映像信号処理方法及び映像信号処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】暗闇の中等で赤外線カメラによって捉えられた映像信号やレントゲン等でX線カメラによって捉えられた映像信号は、撮像素子のダイナミックレンジが非常に広く、そのまま通常の階調能力しかないCRT表示装置等に表示するとコントラストが十分に表現されない。例えば、赤外線検出デバイスは 16 ビット相当の階調を有する。これは、非常に広い範囲の強度分布をもつ温度に応じた検出信号を取り出すためである。これに対して、可視光の場合は 8 ビット程度の階調 (256 階調) しかない。しかも、通常の CRT 表示装置も 256 階調程度の表現しか行うことができない。

【0003】従って、単純に赤外線カメラ等により検出された原映像信号をその強度に従って CRT などの低い階調しか表現できない表示装置に表示すると、非常にコントラストの低い映像となる。

【0004】そこで、従来から映像信号に何らかの信号処理を施して、コントラストを向上させる方法が開発されてきた。例えば、1 フレーム内において原映像信号の信号強度とその強度の頻度との関係を示すヒストグラムを生成し、各信号レベルにおいて少なくとも 1 つの画素が存在する場合に 1 をカウントし、その信号レベルとカウント数の関係を示す関数を変換関数として、原映像信号のレベルを表示信号レベルに変換する方法である。この方法は、ヒストグラムプロジェクション (HP) 方式と称されている。

【0005】また、同様のヒストグラムを生成し、単純に各信号レベルにおける画素数をカウント (積分) し、その信号レベルとカウント数の関係を示す関数を変換関数とするヒストグラム等価 (HE) 方式もある。更に、

上記ヒストグラムプロジェクション方式とヒストグラム等価方式との折衷方式であるプラトウ等価 (PE) 方式がある。プラトウ (平坦化) 等価方式では、同様のヒストグラムを生成し、各信号レベルにおける画素数を一定の上限値までカウントし、その信号レベルとカウント数との関係を示す関数を変換関数とする。

【0006】上記の各方式は、例えば、エスピーアイ 2020 インフラレッド・テクノロジー X IX (1993) 440~450 頁 (SPIE Vol. 2020 Infrared Technology X IX (1993) pp 440-450) に記載されている。

【0007】これらの方式は、いずれもダイナミックレンジが広く階調数が多い赤外線カメラ等の捉えた原映像信号の信号レベル毎の画素頻度から、画素頻度の高い信号レベルに対して表示レベル (階調) を多く割り当てるという考え方による。そうすることにより、表示装置のダイナミックレンジ内でできるだけコントラストを高くしようとするものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの映像信号処理方式では、結局は原映像信号レベルの絶対値が低い画素は暗く表示され、逆に高い画素は明るく表示されることになりはたらず、十分なコントラストをもった映像を表示装置に表示することはできない。

【0009】そこで、本発明の目的は、赤外線カメラや X線カメラの如き撮像手段から得られたダイナミックレンジが広い原映像信号を、それよりダイナミックレンジが狭い表示装置にコントラスト良く表示することができる映像信号の処理方法及び処理装置を提供することにある。

【0010】更に、本発明の目的は、より単純なアルゴリズムで且つメモリへのアクセス回数を少なくして処理を行うことができる映像信号処理方法及び処理装置を提供することにある。

【0011】更に、本発明の目的は、様々な映像に対応することができる様に、映像を観察する者がパラメータを適宜選択することができる映像信号処理方法及び処理装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、本発明によれば、撮像手段から取得される原映像信号から表示信号を生成する映像信号処理方法において、画面を複数の多角形に分割し、該多角形の頂点に対応する画素の原映像信号強度から補間演算により該多角形内の画素の信号強度を求めて、当該画素の低周波数成分の信号強度を求める工程と、前記画素毎に、前記原映像信号から該低周波数成分の信号を減算する演算を行い、当該画素の高周波数成分の信号強度を求める工程と、前記高周波数成分の信号に前記低周波数成分の信号に 1 未満の重み係数を乗算した信号を加算して、当該画素の表示信号を求める

工程と、該表示信号に従って、表示装置に映像を表示する工程とを有することを特徴とする映像信号処理方法を提供することにより達成される。

【0013】更に、上記の目的は、本発明によれば、撮像手段から取得される原映像信号から表示信号を生成する映像信号処理方法において、画面を複数の多角形に分割し、該多角形の頂点に対応する画素の原映像信号強度から補間演算により該多角形内の画素の信号強度を求めて、当該画素の低周波数成分の信号強度を求める工程と、前記画素毎に、前記原映像信号から該低周波数成分の信号を減算する演算を行い、当該画素の高周波数成分の信号強度を求める工程と、該高周波数成分の信号強度について、それぞれの信号強度の頻度数を示すヒストグラムから、それぞれの信号強度までの当該頻度数の積分値からなる変換関数を求める工程と、該変換関数にしたがって前記高周波数成分の信号強度を表示信号強度に変換する工程と、該変換された高周波数成分の表示信号に前記低周波数成分の信号に 1 未満の重み係数を乗算した信号を加算して、当該画素の表示信号を求める工程と、該表示信号に従って、表示装置に映像を表示する工程とを有することを特徴とする映像信号処理方法を提供することにより達成される。

【0014】また、上記の映像信号処理方法を実施する映像信号処理部を有する映像信号処理装置を提供することにより、上記目的は達成される。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例について図面に従って説明する。しかしながら、かかる実施の形態例が本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【本発明の原理】図 1 は、あるフレーム内における画素位置（横軸）と原映像信号レベル S （縦軸）との関係を示すグラフ図の例である。原映像信号 10 の空間周波数には、図中 20 で示した通り、画素位置に対して信号レベルに大きなうねりがあり、その大きなうねりが低周波数成分であり、そのうねりの上に重なる微妙な信号レベルの変化は高周波数成分となる。

【0016】前述した通り、最低の信号レベルを最低の表示レベルに対応させ、最大の信号レベルを最大の表示レベルに対応させる従来の方式では、表示レベルの階調をできるだけ頻度の高い映像信号レベルに割り当てただけで、表示装置に十分なコントラストをもって表示することはできない。

【0017】本発明では、図 1 に示した低周波数成分を原映像信号の空間周波数から抽出して、その低周波数成分を原映像信号から取り除くことで高周波数成分を抽出する。そして、その高周波数成分に 1 未満の所定の重みづけをした低周波数成分を加えた信号を表示信号とする。即ち、本発明では、コントラストを上げる為に原映像信号の空間周波数内の高周波数成分を強調して表示信

号を生成しようとするものである。

【0018】更に、本発明では、この高周波数成分のヒストグラムを生成し、前述の HE 方式や PE 方式により形成した変換関数に従って変換した高周波数成分を低周波数成分に適宜選択した重みづけをした成分を加えた信号を表示信号とする。こうすることで高周波数成分の信号を表示信号レベルのダイナミックレンジ内にほぼ均等に配置させることができ、コントラストを向上させることができる。

【0019】原映像信号の空間周波数成分から低周波数成分を抽出する方法は、一般的には移動平均法があるが、本発明ではこの低周波数成分の抽出も簡単なアルゴリズムで効率的に生成するようにする。この点については後で詳述する。

【0020】図 2 は、原映像信号の空間周波数から抽出した高周波数成分のヒストグラム $H(s)$ と、HP（ヒストグラムプロジェクション）方式と HE（ヒストグラム等価）方式による変換関数 HS 、 IHS を示すグラフ図の例である。横軸に信号レベルを、縦軸にそれぞれの信号レベルを持つ画素の頻度（個数）、及びその頻度を HP 方式及び HE 方式でカウントした時のカウント値を示す。

【0021】まず、図 2 中の $H(s)$ が高周波数成分のヒストグラムである。即ち、図 1 に示される通り、原映像信号のレベルの大きなうねりが低周波数成分であるから、原映像信号 S からその低周波数成分 LF を除去すると、残った高周波数成分 HF は低周波数成分を中心とする上下プラスマイナスの信号レベルを有する。従って、図 2 の高周波成分のヒストグラム $H(s)$ は、信号レベル 0 を中心に左右に分布している。

【0022】そこで、このヒストグラム $H(s)$ に対して、各信号レベルで 1 つの画素でも存在する場合は 1 をカウントする HP 方式に従って頻度をカウントすると、図中 HS で示される通りほぼ線型の関数となる。この例では、ヒストグラム $H(s)$ が左右に長くテールを引いているので、カウント値の関数も信号レベルの全域にわたる線型関数となる。

【0023】一方、ヒストグラム $H(s)$ に対して、単純に各信号レベルの画素数（頻度）をカウント（積分）する HE 方式に従って頻度をカウントすると、図中 IHS で示される通り単にヒストグラム $H(s)$ を積分した関数となる。この関数では、頻度が高い領域で傾きが大きくなり、頻度が低い領域で傾きが小さくなる。

【0024】そこで、これらの関数 HS または IHS を変換関数として、 SL_{min} から SL_{max} までのレンジにある信号レベル S が、0 から DL_{max} までのレンジの表示レベルに変換される。即ち、図中の信号レベル s_1 は、変換されるとそれぞれ d_1 または d_2 の表示レベルとなる。HP 方式では存在する映像信号レベルに対してのみ表示レベルの階調が割り当てられることが理解

される。また、HE方式の変換関数IHSでは、頻度の高い領域により多くの表示レベルの階調が割り当てられることが理解される。

【0025】本発明者によれば、単純にHP方式の線形関数で変換するとコントラストを上げることができない場合が多いことが判明した。その理由は、自然界の映像には、図2に示される通り、高周波数成分のヒストグラムH(s)であっても左右に長くテールを引くため、線形関数も信号レベルの最小値SLminから最大値SLmaxまで達するからであり、最悪の場合2(Smax - Smin)に達する。そこで、HE方式に従ってヒストグラムの積分値を変換関数にすると、コントラストを飛躍的に向上させることができる。

【0026】図3は、上記の変換された表示レベルとその頻度を示したヒストグラムである。この図から明らかとなり、HE方式による積分値IHSを変換関数にすると表示レベルに対して頻度がほぼ均一になる。このことは、限られた表示レベルのレンジを有効に使用してコントラストを上げることができることを意味する。一方、HP方式の線形関数HSを変換関数にすると、変換前と同様に狭い表示レベルの範囲で頻度が高くなっている。

【0027】図4、5、6、7には、一例として原映像(図4)、高周波数成分だけについて変換された表示レベルで表示した映像(図5)、その変換された高周波数成分の表示レベルに低周波数成分に1/4の重みをつけて加算した映像(図6)、低周波数成分のみを表示した映像(図7)を参考を示す。

【0028】原映像の例(図4)に比較して、高周波数成分だけの例(図5)のほうがコントラストが高くなり細部のコントラストが強調されている。但し、高周波数成分だけでは、明るい部分である画面の右側と暗い部分である画面の左側とは同程度の明るさになっていて不自然と感ぜられる場合がある。従って、その場合は、低周波数成分に適切な重みづけをして抑制された低周波数成分を高周波数成分に加えることで(図6)の如く画面の右側が左側より全体的に明るく、しかもそれぞれの領域でのコントラストが強調される。

【0029】図8は、原映像信号の空間周波数から抽出した高周波数成分のヒストグラムH(s)と、PE(プラトウ等価)方式による変換関数IHSを示すグラフ図の例である。この例でも、HS(s)が高周波数成分のヒストグラムである。そして、プラトウ等価方式では、ヒストグラムHS(s)の積分値ではなく、各信号レベルでの頻度の最大値Nを所定の値にして、それ以上の頻度を有する場合はその最大値をその信号レベルでの頻度としてカウントする。このプラトウ等価方式では、図5中の斜線で示した頻度数の積分値が変換関数IHSとな

る。

【0030】従って、ヒストグラムH(s)のピーク値が極端に高い場合などは、その領域が極端に強調されることが避けられる。

【0031】この高周波数成分についてプラトウ等価方式により表示レベルに変換される場合、上記した最大頻度Nを適宜設定することにより、N=無限大の場合はHE(ヒストグラム等価)方式になり、N=M(Mは2以上の整数)の場合はPE(プラトウ等価)方式になり、更にN=1の場合はHP(ヒストグラムプロジェクション)方式になる。

【0032】以上、本発明の原理を整理すると、第一に、ダイナミックレンジの広い原映像信号Sの空間周波数から高周波数成分HFと低周波数成分LFとに分けて、低周波数成分に1未満の低い重みづけ係数βを積算し、高周波数成分HFに加算することを信号処理の基本とする。即ち、表示信号DPは次の通りである。

$$【0033】S=HF+LF$$

$$DP=HF+\beta LF$$

尚、この第一の信号処理では、更に高周波数成分HF、中周波数成分MF、低周波数成分LFに分離して、中周波数成分と低周波数成分とにそれぞれ1未満の重みづけ係数γ、βを乗算して加算することでも良い。その場合は、表示信号DPは次の通りである。

$$【0034】S=HF+LF+MF$$

$$DP=HF+\beta LF+\gamma MF$$

第二の信号処理は、高周波数成分HFに対してヒストグラムを生成し、最大頻度をNに限定して各信号レベル毎の頻度をカウントした積分関数を変換関数にして、原映像信号レベルを表示信号レベルDHFに変換する。そして、その変換された高周波数成分の信号レベルにβで重みづけされた低周波数成分を加算する。その場合の画素(j, k)の表示信号DP(j, k)を求める演算式は次の通りである。

$$【0035】HF(j, k) = S(j, k) - LF(j, k)$$

$$DHF(j, k) = DL_{max} * IHS(HF(j, k)) / IHS(SL_{max})$$

$$DP(j, k) = (1 - \beta) * DHF(j, k) + \beta LF(j, k)$$

尚、図3または図8に示される通り、DLmaxは最大表示レベル、SLmaxは横軸の信号レベルの最大値であり、従ってIHS(SLmax)は、変換関数の最大積分値である。

【0036】更に、第三の信号処理は、上記第二の信号処理における最大頻度Nと重みづけ係数βまたはγとを適宜変更設定可能にすることができる処理である。即ち、以下の表に示される通りである。

【0037】

【表1】

番号	変換方式	最大頻度N	重み付係数 β	映像例
1	HP	$N=1$	$\beta < 1$ ($\beta=1$)	(d)
2	HE	$N > 1 (N=50)$ ($N=100$)	$\beta < 1$ ($\beta=1/2$) ($\beta=1/4$)	(c) (b)
3	PE	$N=\infty$	$\beta < 1$ ($\beta=0$)	(a)
4	変換なし	—	$\beta < 1$	—
5	変換なし	—	$\beta = 1$	現映像

そして、図 9、10、11、12 に上記表に示した映像例 (a)、(b)、(c)、(d) を示す。上記表の番号 5 は、原映像をそのまま表示装置に表示した例 (図 4) である。また、番号 4 は、ヒストグラムのカウン

20

関数による変換を行わないで低周波数成分に重みづけをして高周波数成分と加算する方法であり、上記第一の信号処理に該当する。その例は図には示されていない。更に、番号 3 は、最大頻度 N を無限大にした PE 方式の変換方式により高周波数成分の変換表示レベル DHF を生成して、それに重みづけされた低周波数成分と加算される例である。図 9 は、重みづけ係数 $\beta = 0$ として高周波数成分の変換表示レベル DHF を表示した映像例 (a) である。

30

【0038】番号 2 は、最大頻度 N を 2 以上の整数とした場合の HE 方式により変換された変換表示レベル DHF と、重みづけされた低周波数成分 β LF とを加算した例である。図 10 には $\beta = 1/4$ の場合の映像 (b)、図 11 には $\beta = 1/2$ の場合の映像例 (c) がそれぞれ示される。

【0039】そして、番号 1 は、最大頻度 N を 1 とした HP 方式により変換された変換表示レベル DHF と、重みづけされた低周波数成分 β LF とを加算した例である。図 12 には特に $\beta = 1$ の場合の映像例 (d) が示されている。

【0040】以上の通り、高周波数成分はヒストグラムのカウン

40

関数 IHS により変換された変換表示レベル DHF とし、低周波数成分に重みづけ係数 β を乗算して両者を加算することを基本信号処理とし、最大頻度 N と重みづけ係数 β とを適宜選択変更することにより、表の番号 1、2、3 の信号処理を行うことができる。

【0041】また、最大頻度 $N=1$ とすると、前述した通り図 3 の HS の如く変換されない場合と同等となり、上記の表の番号 5 と 1 とはほとんど同じ結果となることもある。

50

像信号の信号処理装置の概略的ブロック図である。31 は、例えば赤外線や X 線のカメラであり、捉えられたアナログの原映像信号 S が、アナログ・デジタル変換器 AD によりデジタル信号に変換され、一旦メモリ 32 に記録される。38 は、例えばデジタルシグナルプロセッサの如き演算プログラムを格納する内蔵 ROM がカスタマイズされた信号処理装置である。汎用的なプロセッサの場合は、メモリ 39 に格納された演算用の信号処理プログラムに従って上記の信号処理が行われる。

【0043】メモリ 34 には、原映像信号 S から抽出された低周波数成分 LF と、映像信号 S から低周波数成分 LF を除去して生成された高周波数成分 HF と、ヒストグラムの頻度のカウン

値の変換関数 IHS と、その変換関数 IHS で変換された高周波数成分の変換表示信号 DHF とが格納される。これらの演算は、既に説明した通りであり、その演算は全てプロセッサ 38 により行われる。そして、変換表示信号 DHF と β で重みづけされた低周波数成分 LF とを加算した表示信号 DP が、メモリ 33 に格納される。即ち、メモリ 33 はフレームメモリである。

【0044】フレームメモリ 33 内の表示データがデジタル・アナログ変換器 DA によりアナログ値に変換されて、CRT 等の表示装置 37 に表示される。また、コントローラ 35 により重みづけ係数 β と最大頻度 N 等が適宜設定される。オペレータは、表示画面を観察しながらこれらの値を可変設定する。

【0045】〔曲面または多面分割近似方法〕本発明では、原映像信号の中から空間周波数の低周波数成分を抽出し、更に原映像信号からその低周波数成分を減算することにより、高周波数成分を求める。映像信号を表示装置に再生する為には、例えば 1 秒間に 60 フレーム分の表示データを生成することが必要である。映像信号の中から低周波数成分を抽出する一般的な演算は、通常移動平均を計算することにより行われる。

【0046】この移動平均とは、例えば 5×5 の画素の

範囲内での25画素の映像信号レベルの平均値をその中心の画素の低周波数成分として与える方法である。従って、一つの画素の低周波数成分を演算する為には、図17に示した映像信号レベルを格納したメモリ32から25回も読み出し動作を実行しなければならない。しかも、全ての画素について25回づつメモリへのアクセス動作を行うことは、プロセッサ38にとり大きな負担となり、最悪1秒間に60枚のフレームを生成することが出来なくなることもある。

【0047】そこで、本発明では、低周波数成分を生成する為にメモリへのアクセス回数を極端に少なくすることができる方法を提供する。

【0048】図14は、低周波数成分抽出の為に表示画面内を複数の四角形に分割した例を示す図である。この例では、4×4の16個の四角形に分割されている。そして、各頂点における映像信号のレベルをZ軸方向にプロットし頂点間を直線で結ぶと、例えば図15の如くなる。図中に示した通り、格子間を結んだ直線は近似的に低周波数成分LFとなり、その低周波数成分LFの上に重ねられる微小な信号が高周波成分HFとなる。この様に四角形の曲面で分割して高周波数成分を求める方法を曲面分割近似方法と称する。

【0049】図16は、図14において分割された1つの四角形について補間演算を説明する為の図である。この例では、4つの頂点の信号レベルをそれぞれS(0, 0)、S(0, n)、S(m, 0)、S(m, n)とする。

$$C(j, k) = \sum_{j=-n}^n \sum_{k=-n}^n S(j, k) / (2n+1)^2$$

尚、各頂点での信号レベル(強度)は、単一フレーム内の原映像信号レベルから演算することができる。或いは、別の方法として、S/N比の点から、複数のフレームからの時間軸上の移動平均値を採用することもできる。その場合の頂点での信号レベルC(j, k)は、

【0055】

【数2】

$$C(j, k) = \sum_{t=-n}^0 S(j, k, t) / (n+1)$$

で求められる。但し、これは時刻t=-nからt=0までのn+1枚のフレームの平均値を示す。複数フレームの時間軸上の移動平均を採用することにより、テンポラルノイズを除去することができる。

【0056】また、別の方法として、原映像信号の複数フレームから時間軸上で重み係数C''を乗じて積分して抽出することができる。その重み係数は、例えば対象フレームに重く対象フレームから時間軸上で離れるに従って軽くする等である。その場合の頂点での信号レベルC

る。そして、それら4つの頂点で囲まれた四角形が(m+1)×(n+1)の画素を含んでいるとする。各画素での低周波数成分を求める為には、単純に4つの頂点の信号レベルから補間演算することでそれぞれの画素の低周波数成分の信号レベルを求めることができる。

【0050】上記の例では、画素(i, j)での信号レベルは、次の通りである。

$$【0051】LF(i, j) = [S(0, 0) * (m-i) * (n-j) + S(0, n) * (m-i) * j + S(m, 0) * i * (n-j) + S(m, n) * i * j] / m / n \quad (i = 0 \sim m, j = 0 \sim n)$$

四角形が正方形の場合は、(n+1)×(n+1)の画素を含むことになる。

【0052】図17は、4つの頂点と画素の関係を示す図である。頂点内に7×9=63個の画素が含まれる。そして、図15または図16に示された各頂点の信号レベルは、雑音や点光源の影響を低減する為に、例えば各頂点を中心とした複数の画素の信号レベルの平均値を用いることが好ましい。即ち、図17に示した通り頂点S(0, n)の場合は、斜線を付した9つの画素での映像信号レベル(強度)の平均値が頂点S(0, n)の信号レベルとして採用される。

【0053】例えば、頂点を中心とする(2n+1)×(2n+1)の画素の平均値を求める演算式は、

【0054】

【数1】

(j, k)は、

【0057】

【数3】

$$C(j, k) = \sum_{t=-n}^0 C'' * S(j, k, t) / \sum_{t=-n}^0 C''$$

である。この場合も、テンポラルノイズが軽減されてS/N比が向上する。

【0058】上記の頂点での信号レベルの演算と、その信号レベルを利用した補間演算は、例えば映像の変化がゆるやかな場合は、毎フレーム毎に実行する必要はなく、例えば、0.2～0.5秒毎に一回更新することで、十分実時間表示を行うことができる。その場合は、演算の負担を低減することができる。

【0059】上記の曲面分割近似方式では、曲面近似の境界での不連続を低減する為に、近似計算して求められた各画素点での低周波数成分LFについて平滑化処理を行うことが好ましい。この平滑処理は、例えば、周囲の画素の平均値をとる演算により行われる。即ち、対象画

素を中心とする $(2n+1) \times (2n+1)$ の画素の低周波数成分 LF の平均値を求める演算式は、

$$LF(j, k) = \frac{\sum_{j=-n}^n \sum_{k=-n}^n LF(j, k)}{(2n+1)^2}$$

である。

【0061】尚、上記の演算は、デジタルシグナルプロセッサ内での演算工程により生成される画素毎の低周波数成分を例えばバッファ内に一時的に格納することにより、高速に演算処理することができる。

【0062】図18は、画面内の中心領域の頂点の密度を高くして、低周波数より高い周波数まで抑圧できるようにし、自然な階調で表示できるようにした例である。即ち、平面分割する場合に、画面内を均等に分割する必要はない。

【0063】この分割方法では、画面全面を例えば数カ所に分割し、それぞれの領域内での映像信号のヒストグラムを生成する。そして、ヒストグラムの分布範囲が大きい場合は、映像信号レベル（強度）の変化率が高いことを意味するので、その領域については分割される面の大きさを小さく設定する。また、領域内のヒストグラムの分布範囲が狭い場合は、映像信号レベルの変化率が低いことを意味し、分割される面の大きさを大きく設定する。即ち、映像信号レベルの変化率が高い領域では、低周波数成分の内比較的高い周波数まで含ませるようにする。その結果、より映像信号レベルに近い低周波数成分を近似することができる。

【0064】図19は、四角形の曲面分割近似の場合に四角形面が歪んでいる場合を示す図である。この様に四角形の場合は面が歪む場合があり、上記した補間演算法では近似計算された低周波数成分が不正確になる場合がある。

【0065】そこで、本発明の他の面分割近似の方法として、画面を多数の三角形で分割する方法がある。図20の(A)、(B)は画面を三角形で分割した場合の例を示す図である。図20(A)の例は、大きさの異なる三角形で分割された例であり、図20(B)の例は、正三角形で分割され画面の中心領域で細かく分割された例である。また、図21は、正三角形で分割された場合の、画素と三角形の頂点との関係を示した図である。

【0066】三角形により画面を分割することにより、分割された面を平面で定義することができる。これは、平面が3点で一義的に決定されるという数学的定理から明らかである。従って、三角形により分割する場合は、図19で示した如き歪んだ面において、頂点の信号レベルによる補間演算を避けることができる。このように、多数の平面で分割されて近似計算される方式を多面分割近似方式と称する。

【0067】図22は、図19の如く四角形では曲面に

【0060】

【数4】

なる場合について、原映像信号レベルをZ軸に示した場合の図である。この例では、頂点(0, 0), (0, n), (n, 0), (n, n)内に2つの三角形を有する。各頂点での映像信号レベルを、 $S(0, 0)$, $S(0, n)$, $S(n, 0)$, $S(n, n)$ とすると、内部の画素の信号レベルは以下の補間演算により求められる。そして、求められた信号レベルが、低周波数成分の信号レベルの近似値となる。

【0068】頂点(0, 0)と(n, n)間は、 $i = j$ であり、

$$LF(i, j) = [S(n, n) - S(0, 0)] * i / n + S(0, 0)$$

頂点(0, 0)と(n, 0)間は、 $j = 0$ であり、

$$LF(i, 0) = [S(n, 0) - S(0, 0)] * i / n + S(0, 0)$$

頂点(0, 0)と(0, n)間は、 $i = 0$ であり、

$$LF(0, j) = [S(0, n) - S(0, 0)] * j / n + S(0, 0)$$

従って、頂点(0, 0), (n, 0), (n, n)の三角形の中の画素は、

$$LF(i, j) = [LF(i, i) - LF(i, 0)] * j / i + LF(i, 0)$$

また、頂点(0, 0), (0, n), (n, n)の三角形の中の画素は、

$$LF(i, j) = [LF(j, j) - LF(0, j)] * i / j + LF(0, j)$$

従って、上記の5つの演算を行うことにより、各画素の信号レベルを補間演算により求めることができる。

【0069】尚、各頂点の映像信号レベルの求め方は、四角形による曲面分割近似で説明したのと同様に、単一フレーム内で求めたり、複数フレームでの時間軸上での移動平均を取ったり、重み係数をかけたりする方法等がある。

【0070】上記の如く、本発明では、各画素での低周波成分の信号レベルを求めるのに、画面内を複数の面（曲面または平面）に分割して、その面の頂点での原映像信号レベルから画素の信号レベルを補間法により求めることにより、高周波数成分をカットした信号レベルを自動的に求めることができる。従って、各画素毎の原映像信号レベルを全てメモリ32から読みだす必要はない。単に、頂点の原映像信号レベルから上記した補間演算を行うことで、低周波数成分を自動的に求めることができ、演算の負担が軽くなる。

【0071】図23は、面分割近似方法によって、原映像信号レベルの空間周波数から低周波成分と中周波数成分とを抽出する方法について説明する図である。図23(A)は、横軸に位置*i*を縦軸にそれぞれの成分の信号レベル*S(i)*を示す。図23(B)は、三角形で分割された平面ABCを示す。

【0072】図23 (A) のグラフA-1は、映像信号とその低周波数成分と中周波数成分とを示す。この映像信号レベルの内、頂点A, B, Cにおける信号レベルS (i) から内部の画素の信号レベルを補間法により求めると、低周波数成分の信号レベルが求められる。グラフA-2は、原映像信号レベルから上記の低周波数成分を除去した結果得られた映像信号を示す。更に、図23

(B) の更に細かい頂点A, B, C, a~lでのこの低周波数成分が除かれた映像信号をもとに、内部の画素の信号レベルを補間法で求めると、中周波数成分の信号レ

ベルが求められる。グラフA-3は、原映像信号から低周波数成分と中周波数成分の信号を取り除いた高周波数成分の信号である。

【0073】そこで、本発明では、コントラストを強調する為に、低周波数成分と中周波数成分に1未満の任意の重み係数 β 、 γ を乗じて高周波数成分に加えることにより、表示信号レベルを演算する。従って、その場合の表示信号DP (j, k) は、

$$DP(j, k) = HF(j, k) + \beta LF(j, k) + \gamma MF(j, k)$$

で求められる。

【0074】更に、上記したHP法、HE法、PE法 (上記表参照) により、高周波数成分について、映像信号レベルを表示信号レベルのダイナミックレンジ内に変換することで、コントラストを高めることができる。この点は、既に説明した通りである。

【0075】図24は、上記した映像信号処理のフローチャートを示す図である。このフローチャート図に従って、本発明の映像信号処理方法を整理して説明する。この例では、低周波数成分と高周波数成分とが利用され

る。

【0076】まず、撮像カメラからの原映像信号Sをメモリ32に記録する(S1)。そして、全画面を多数の三角形に分割する(S2)。この分割は、例えば前述した信号レベルの変化率が大きい領域ほど細かい三角形に分割するのが好ましい。そして、各三角形の面の頂点の原映像信号Sをメモリ32から読み出す(S3)。この読み出し動作は、全画面ではなく頂点に対応する画素分だけでよい。そして、その頂点の原映像信号レベルから内部の各画素の低周波数成分LFを補間演算により求める(S4)。

【0077】その後、各画素の高周波数成分HFを、原映像信号Sから低周波数成分LFを減じる演算により求める(S5)。そして、高周波数成分HFについてのヒストグラムを生成し(S6)、例えばHE法により変換関数IHSを生成する(S7)。その変換関数IHSを利用して、高周波数成分HFを表示レベルに変換して信号DHFを求める(S8)。そして、表示信号DPを、変換した高周波数成分DHFと重みづけした低周波数成分 βLF の和演算を行って求める(S9)。そして、表

示信号DPをフレームメモリ33に記録し(S10)、表示装置に表示させる(S11)。

【0078】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明によれば、赤外線やX線カメラから捉えられるダイナミックレンジの広い原映像信号を高いコントラストでダイナミックレンジの狭い表示装置に表示することができる表示信号を生成することができる。更に、低周波数成分を抽出するのに、多面または曲面分割近似法を利用することにより、その抽出演算の負担を軽くすることができ、簡便なハードウェアの構成で十分に映像信号を表示する為の表示信号生成の演算を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】あるフレーム内における画素位置(横軸)と原映像信号レベル(縦軸)との関係を示すグラフ図である。

【図2】原映像信号の空間周波数から抽出した高周波数成分のヒストグラムと、HP(ヒストグラムプロジェクション)方式とHE(ヒストグラム等価)方式による変換関数を示すグラフ図である。

【図3】変換された表示レベルとその頻度を示したヒストグラムの図である。

【図4】一例としての原映像の例をディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図5】高周波数成分だけについて変換された表示レベルで表示したディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図6】図5の変換された高周波数成分の表示レベルに低周波数成分に1/4の重みをつけて加算した映像をディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図7】低周波数成分のみを表示した映像のディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図8】原映像信号の空間周波数から抽出した高周波数成分のヒストグラムと、PE(プラトウ等価)方式による変換関数を示すグラフ図ある。

【図9】表に示した映像例(a)のディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図10】表に示した映像例(b)のディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図11】表に示した映像例(c)のディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図12】表に示した映像例(d)のディスプレイ上に再生した映像の図面代用写真である。

【図13】映像信号の信号処理装置の概略的ブロック図である。

【図14】低周波数成分抽出の為に表示画面内を複数の四角形に分割した例を示す図である。

【図15】分割した四角形につき各頂点における映像信号のレベルをZ軸方向にプロットした概略図である。

【図16】分割された1つの四角形について補間演算を

説明する為の図である。

【図17】4つの頂点と画素の関係を示す図である。

【図18】画面内の中心領域の頂点の密度を高くして、より高い周波数まで抑圧できるようにし、自然な階調で表示できるようにした例を示す図である。

【図19】四角形面が歪んでいる場合を示す図である。

【図20】画面を三角形で分割した場合の例を示す図である。

【図21】正三角形で分割された場合の、画素と三角形の頂点との関係を示した図である。

【図22】面が歪んでいる場合についてZ軸に原映像信号レベルを適用した場合の図である。

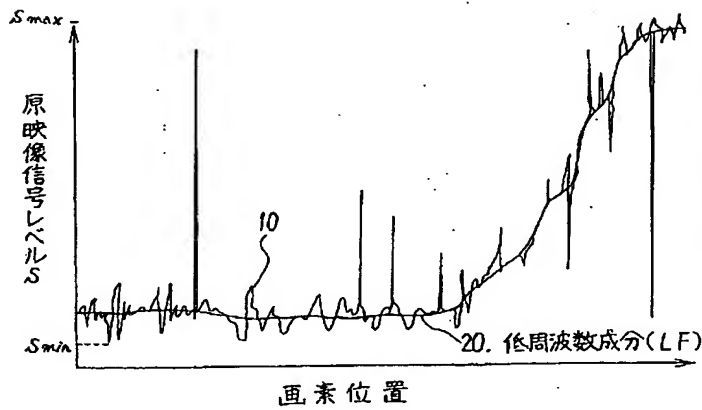
【図23】高周波成分、中周波数成分及び低周波数成分との関係を説明する為の図である。

【図24】映像信号処理のフローチャートを示す図である。

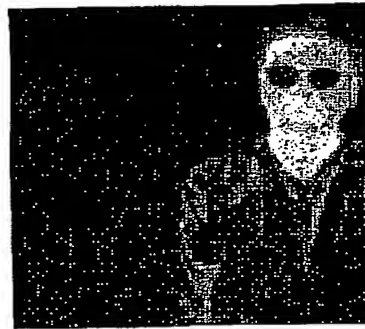
【符号の説明】

32	原映像信号メモリ
33	表示信号メモリ
38	映像信号処理部
S	原映像信号
LF	低周波数成分
MF	中周波数成分
10 HF	高周波数成分
IHS	変換関数
DHF	変換された高周波数成分の信号
DP	表示信号

【図1】



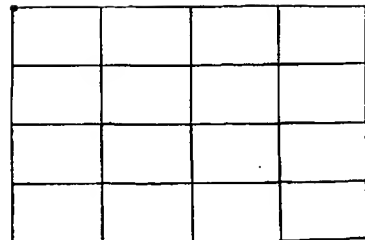
【図4】



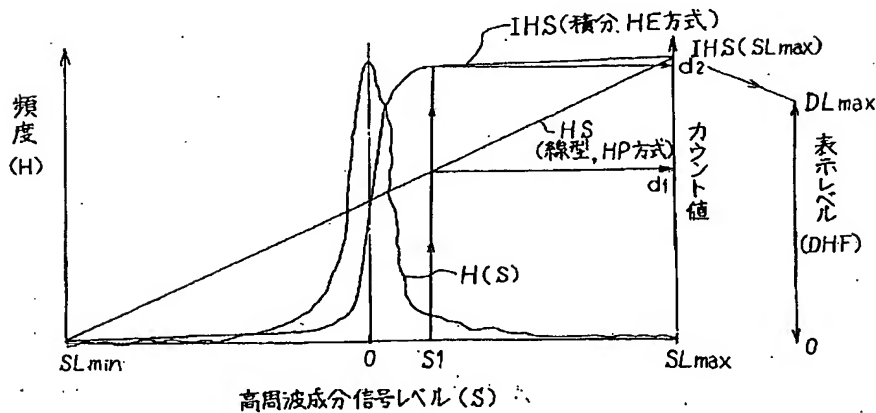
【図5】



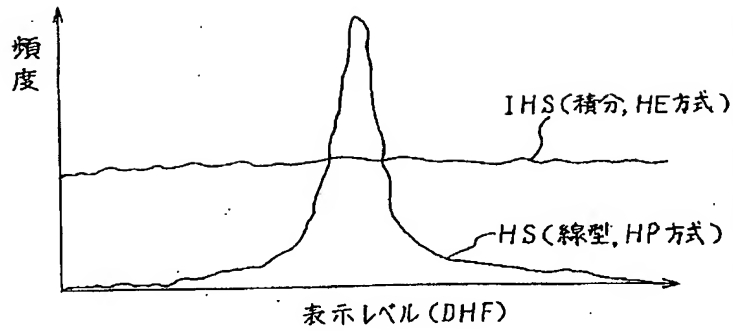
【図14】



【図2】



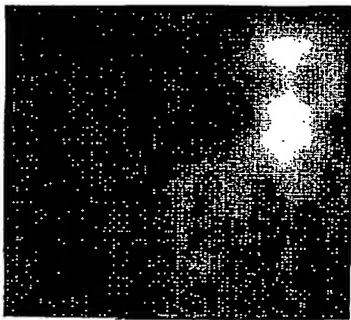
【図 3】



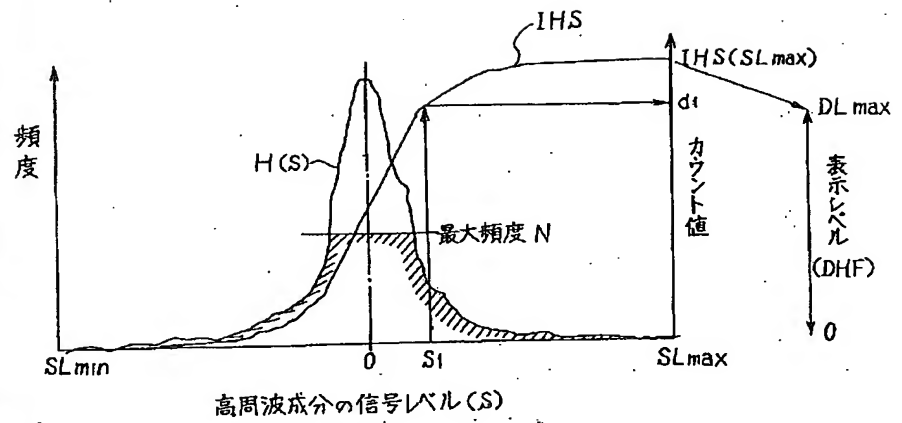
【図 6】



【図 7】



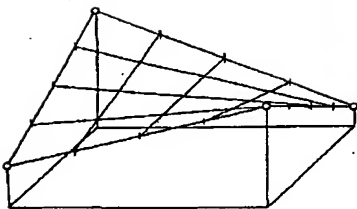
【図 8】



【図 9】



【図 19】



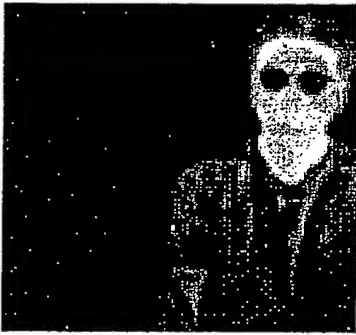
【図 10】



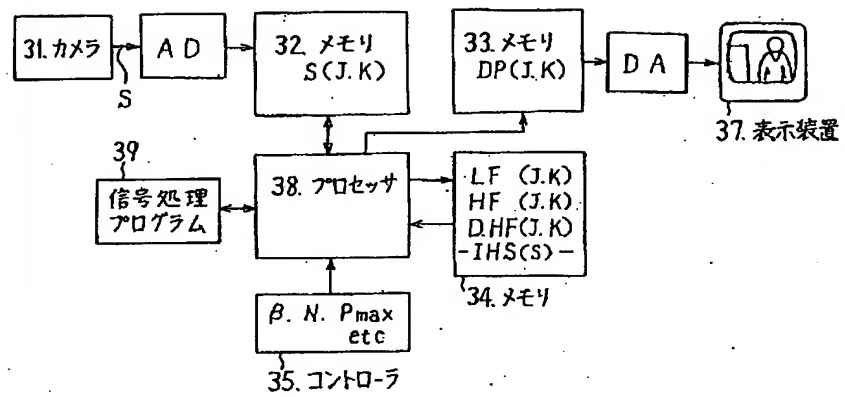
【図 11】



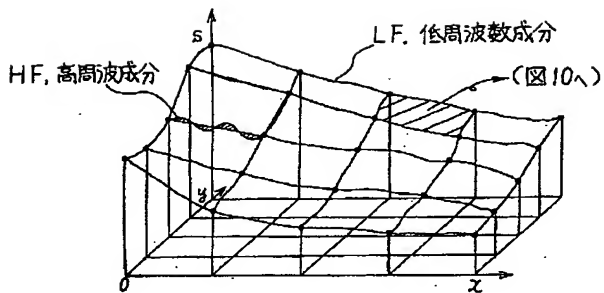
【図 12】



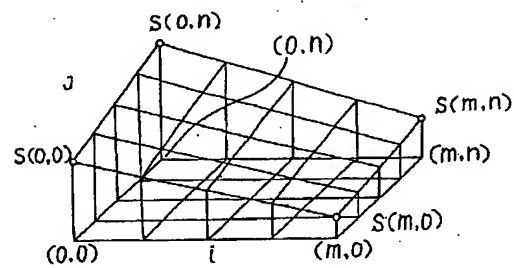
【図 13】



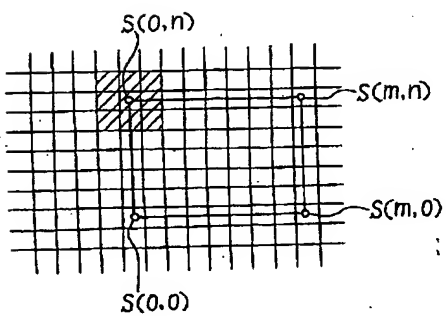
【図 15】



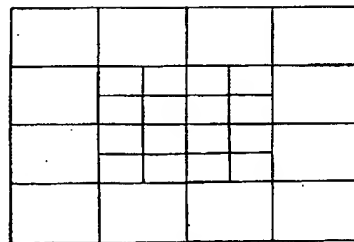
【図 16】



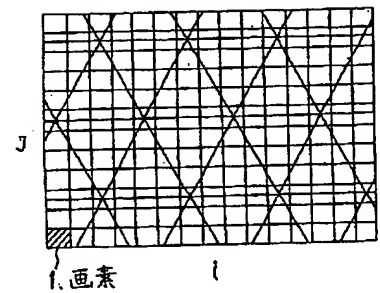
【図 17】



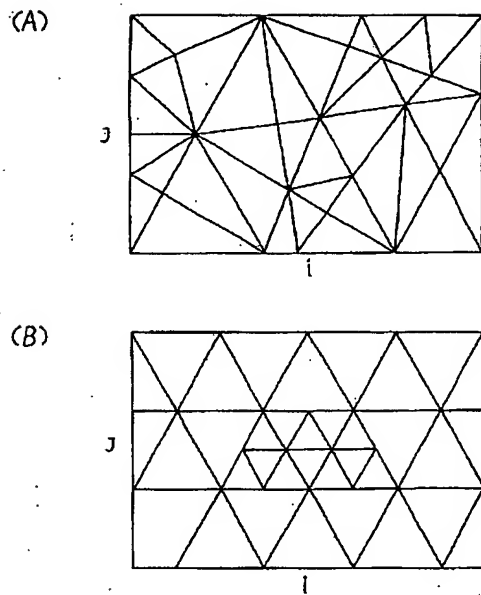
【図 18】



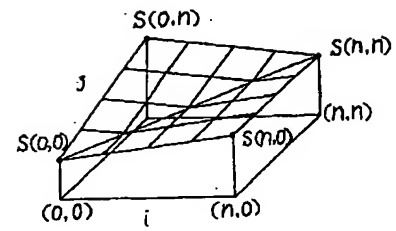
【図 21】



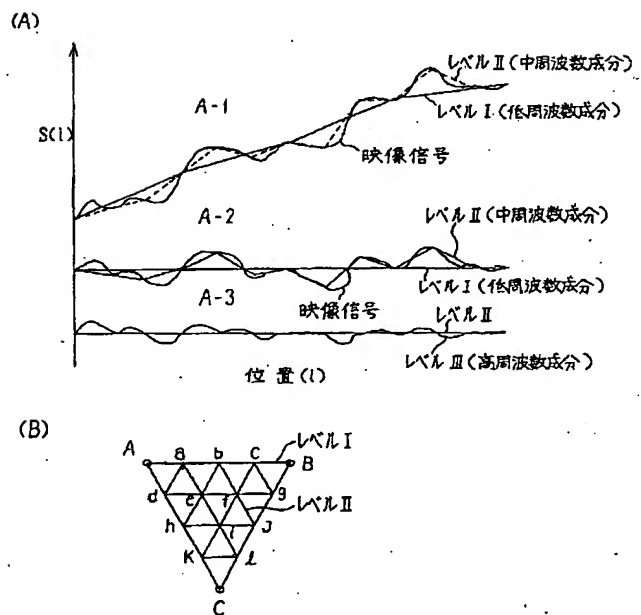
【図 20】



【図 22】

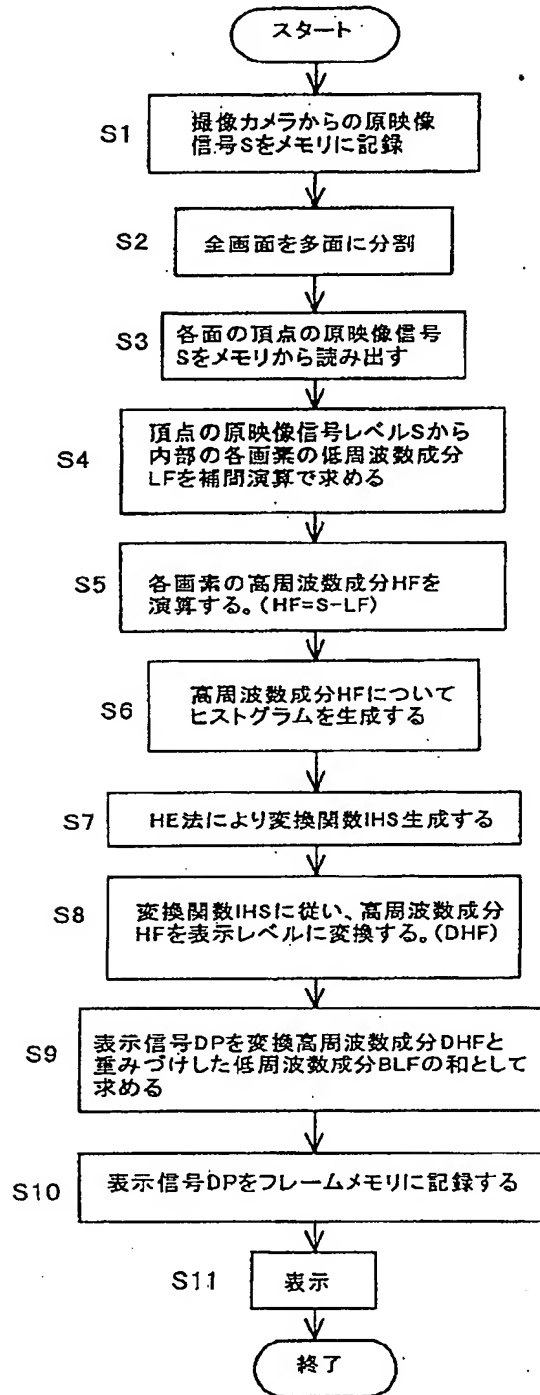


【図 23】



【図24】

1フレーム表示までの信号処理フローチャート



(11) Japanese Patent Application Laid-Open No.

10-191100

(43) Laid-Open Date: July 21, 1998

(21) Application No. 08-357012

5 (22) Application Date: December 26, 1996

(71) Applicant: Fujitsu Ltd.

(72) Inventor: Yoshihiro Miyamoto

(72) Inventor: Shoji Doi

10 (54) [Title of the Invention] Image Signal Processing
Method

(57) [Abstract] (Corrected)

[Problem]

15 A method and apparatus for creating contrasty
display signals by processing image signals acquired
from infrared, X-ray or other cameras by a simple
algorithm is to be provided.

[Means of solution]

20 It has a step of dividing a frame into a plurality
of polygons and figuring out the signal intensity LF of
the low frequency component of pixels in the polygons
from the original image signal intensity S of pixels
matching the vertexes of the polygons; a step of
25 subtracting the signal LF of the low frequency
component from the original image signals S for each
pixel and figuring out the signal intensity HF of the

high frequency component of the pertinent pixel; a step
of figuring out with respect to the signal intensities
HF of frequency components from a histogram indicating
the frequency of each signal intensity a conversion
5 function IHS consisting of the integrated value of the
frequencies by the HE method, for instance, and
converting the signal intensity HF of the high
frequency component into a display signal intensity DHF
on the basis of the conversion function IHS; and a step
10 of figuring out display signals DP resulting from the
addition of a signal resulting from the multiplication
of the signal LF the low frequency component by a
weighting coefficient β of less than 1 to this DHF.

[Claims]

[Claim 1]

An image signal processing method for creating display signals from original image signals acquired
5 from image pickup means, the image signal processing method being characterized in that it has:

a step of dividing a frame into a plurality of polygons and figuring out the signal intensity of the low frequency component of pixels in the polygons from
10 the original image signal intensity of pixels matching the vertexes of the polygons by interpolative computation to figure out the signal intensity of the low frequency component of the pertinent pixel;

a step of subtracting the signal of the low
15 frequency component from the original image signals for each of said pixels to figure out the signal intensity of the high frequency component of the pertinent pixel;

a step of adding a signal resulting from the multiplication of the signal of said low frequency
20 component by a weighting coefficient of less than 1 to the signal of said high frequency component to figure out the display signal of the pertinent pixel; and

a step of displaying an image on a display apparatus in accordance with the display signal.

25 [Claim 2]

An image signal processing method for creating display signals from original image signals acquired

from image pickup means, the image signal processing method being characterized in that it has:

- 5 a step of dividing a frame into a plurality of polygons and figuring out the signal intensity of the low frequency component of pixels in the polygons from the original image signal intensity of pixels matching the vertexes of the polygons by interpolative computation to figure out the signal intensity of the low frequency component of the pertinent pixel;
- 10 a step of subtracting the signal of the low frequency component from the original image signals for each of said pixels to figure out the signal intensity of the high frequency component of the pertinent pixel;
- 15 a step of figuring out with respect to the signal intensities of the high frequency component from a histogram indicating the frequency of each signal intensity a conversion function consisting of the integrated value of the frequencies to each signal intensity;
- 20 a step of converting the signal intensity of said high frequency component into a display signal intensity on the basis of the conversion function;
- 25 a step of adding a signal resulting from the multiplication of the signal of said low frequency component by a weighting coefficient of less than 1 to the display signal of the converted high frequency

component to figure out the display signal of the
pertinent pixel; and

a step of displaying an image on a display
apparatus in accordance with the display signal.

5 [Claim 3]

The image signal processing method stated in Claim
1 or 2, characterized in that:

when said frame is divided into a plurality, it is
divided into a plurality of triangles.

10 [Claim 4]

The image signal processing method stated in Claim
1 or 2, characterized in that:

it has a step of making the original image signal
intensity of the pixel matching said vertex the average
15 of the original image signal intensity of pixels around
the pertinent pixel.

[Claim 5]

The image signal processing method stated in Claim
1 or 2, characterized in that:

20 it has a step of making the original image signal
intensity of the pixel matching said vertex the average
of the original image signal intensity in a plurality
of frames.

[Claim 6]

25 The image signal processing method stated in Claim
1 or 2, characterized in that:

it has a step of enabling said weighting coefficient to be set variably.

[Claim 7]

The image signal processing method stated in Claim
5 2, characterized in that:

at the step of figuring out said conversion function, the frequency at each signal intensity is integrated only to a prescribed maximum frequency.

[Claim 8]

10 The image signal processing method stated in Claim 7, characterized in that:

said maximum frequency is enabled to be set variably.

[Claim 9]

15 The image signal processing method stated in Claim 1 or 2, characterized in that:

at the step of figuring out the signal intensity of said high frequency component,

with respect to an intermediate frequency
20 component figured out by subtracting from said original image signals the signal of the low frequency component, by interpolative computation from the vertexes of other smaller polygon than said polygons, a signal of an intermediate frequency component of pixels in the other
25 polygons is created; and

a signal of the high frequency component of each of said pixels is created by subtracting from said

original image signals the signal of said low frequency component and the signal of the intermediate frequency component.

[Claim 10]

5 An image signal processing apparatus having:
image pickup means,

an original image signal memory for recording original image signals acquired by the image pickup means;

10 a image signal processing unit for reading the original image signals out of said original image signal memory and creating signals for displaying; and

a display signal memory for recording the display signals created by the image signal processing unit,

15 characterized in that:

said image signal processing unit has:

a function to divide a frame into a plurality of polygons and figure out the signal intensity of the low frequency component of pixels in the polygons from the original image signal intensity of pixels matching the vertexes of the polygons by interpolative computation to figure out the signal intensity of the low frequency component of the pertinent pixel;

20 a function to subtract the signal of the low frequency component from the original image signals for each of said pixels to figure out the signal intensity

of the high frequency component of the pertinent pixel;
and

a function to add a signal resulting from the
multiplication of the signal of said low frequency
5 component by a weighting coefficient of less than 1 to
the signal of said high frequency component to figure
out the display signal of the pertinent pixel.

[Claim 11]

An image signal processing apparatus having:
10 image pickup means,
an original image signal memory for recording
original image signals acquired by the image pickup
means;
a image signal processing unit for reading the
15 original image signals out of said original image
signal memory and creating signals for displaying; and
a display signal memory for recording the display
signals created by the image signal processing unit,
characterized in that said image signal processing unit
20 has:

a function to divide a frame into a plurality of
polygons and figure out the signal intensity of the low
frequency component of pixels in the polygons from the
original image signal intensity of pixels matching the
25 vertexes of the polygons by interpolative computation
to figure out the signal intensity of the low frequency
component of the pertinent pixel;

a function to subtract the signal of the low frequency component from the original image signals for each of said pixels to figure out the signal intensity of the high frequency component of the pertinent pixel;

5 a function to figure out with respect to the signal intensities of the high frequency component from a histogram indicating the frequency of each signal intensity a conversion function consisting of the integrated value of the frequencies to each signal
10 intensity;

a function to convert the signal intensity of said high frequency component into a display signal intensity on the basis of the conversion function; and

a function to add a signal resulting from the
15 multiplication of the signal of said low frequency component by a weighting coefficient of less than 1 to the display signal of the converted high frequency component to figure out the display signal of the pertinent pixel.

20

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to which the Invention Belongs]

The present invention relates to an image signal
25 processing method and an image signal processing apparatus enabling low-contrast image signals from an

infrared ray camera, X-ray camera, endoscope or the like to be made clearer and displayed.

[0002]

[Prior Art]

5 Image signals picked up by an infrared ray camera in the dark or image signals picked up by an X-ray camera by the Roentgen method or the like are extremely broad in the dynamic range of the image pickup element, and thus they cannot be represented with sufficient contrast when displayed as they are on a CRT display apparatus having only a normal gradation capability. For instance, an infrared detection device has a gradation scale equivalent to 16 bits. This is because detection signals matching a temperature having an
10 extremely broad range of intensity distribution are to be extracted. On the other hand, visualized light has a gradation scale of only about 8 bits (256 gradations). Moreover, a usual CRT display apparatus can express only about 25 gradations.

20 [0003]

 Therefore, if original image signals detected by an infrared ray camera or the like are simply displayed on a display apparatus capable of expressing only a low gradation scale, such as a CRT, according to their
25 intensities, very low-contrast images will come out.

[0004]

In this connection, methods to improve contrast by
subjecting image signals to some signal processing
other have been developed since some time ago. By one
of these methods for instance, a histogram indicating
5 the indicating the signal intensities of original image
signals and the frequencies of those intensities in one
frame is created, 1 is counted when there is at least
one pixel at each signal level, and the level of the
original image signals is converted into a display
10 signal level with the function representing the
relationship between that signal level and the number
of counts as the conversion function. This method is
known as a histogram projection (HP) method.

[0005]

15 There also is a histogram equivalence (HE) method
by which a similar histogram is created, the number of
pixels at each signal level is simply counted
(integrated), and the function representing the
relationship between that signal level and the number
20 of counts is used as the conversion function. There
further is a plateau equivalence (PE) method, which is
a hybrid between the histogram projection method and
the histogram equivalence method mentioned above. By
the plateau (flattened) equivalence method, a similar
25 histogram is created, the number of pixels at each
signal level is counted to a certain upper limit, and
the function representing the relationship between that

signal level and the number of counts is used as the conversion function.

[0006]

The aforementioned methods are described in, for instance, SPIE Vol. 2020 Infrared Technology XIX (1993), pp. 440-450.

[0007]

Every one of these methods is based on an idea of allocating a greater number of display levels (gradations) to a signal higher in pixel frequency out of the pixel frequencies of different signals of the original image signals picked up by an infrared ray camera or the like, which are wide in dynamic range and have a large number of gradations. It is thereby attempted to increase the contrast as much as possible within the dynamic range of the display apparatus.

[0008]

[Problems to be Solved by the Invention]

However, these image signal processing methods are no different in that eventually pixels of low absolute values of original image signal level are displayed dark and, conversely, pixels of high values are displayed bright, with the result that images of sufficient contrast cannot be displayed on the display apparatus.

[0009]

Therefore, an object of the present invention is to provide an image signal processing method and an image signal processing apparatus capable of displaying original image signals of a wide dynamic range,

5 acquired from image pick up means such as an infrared ray camera, X-ray camera or the like to be displayed on a display apparatus with a narrower dynamic range in good contrast.

[0010]

10 A further object of the invention is to provide an image signal processing method and an image signal processing apparatus capable of processing by a simpler algorithm and with less frequent accesses to memories.

[0011]

15 A further object of the invention is to provide an image signal processing method and an image signal processing apparatus enabling, so that a wide variety of images can be coped with, the observer of the images to appropriately select parameters.

20 [0012]

[Means of Solving the Problems]

The objects stated above can be accomplished according to the invention by providing an image signal processing method for creating display signals from

25 original image signals acquired from image pickup means, the image signal processing method being characterized in that it has a step of dividing a frame into a

plurality of polygons and figuring out the signal
intensity of the low frequency component of pixels in
the polygons from the original image signal intensity
of pixels matching the vertexes of the polygons by
5 interpolative computation to figure out the signal
intensity of the low frequency component of the
pertinent pixel; a step of subtracting the signal of
the low frequency component from the original image
signals for each of the pixels to figure out the signal
10 intensity of the high frequency component of the
pertinent pixel; a step of adding a signal resulting
from the multiplication of the signal of the low
frequency component by a weighting coefficient of less
than 1 to the signal of the high frequency component to
15 figure out the display signal of the pertinent pixel;
and a step of displaying an image on a display
apparatus in accordance with the display signal.
[0013]

Further, the objects stated above can be
20 accomplished according to the invention by providing an
image signal processing method for creating display
signals from original image signals acquired from image
pickup means, the image signal processing method being
characterized in that it has a step of dividing a frame
25 into a plurality of polygons and figuring out the
signal intensity of the low frequency component of
pixels in the polygons from the original image signal

intensity of pixels matching the vertexes of the polygons by interpolative computation to figure out the signal intensity of the low frequency component of the pertinent pixel; a step of subtracting the signal of
5 the low frequency component from the original image signals for each of the pixels to figure out the signal intensity of the high frequency component of the pertinent pixel; a step of figuring out with respect to the signal intensities of the high frequency component
10 from a histogram indicating the frequency of each signal intensity a conversion function consisting of the integrated value of the frequencies to each signal intensity; a step of converting the signal intensity of the high frequency component into a display signal
15 intensity on the basis of the conversion function; a step of adding a signal resulting from the multiplication of the signal of the low frequency component by a weighting coefficient of less than 1 to the display signal of the converted high frequency
20 component to figure out the display signal of the pertinent pixel; and a step of displaying an image on a display apparatus in accordance with the display signal.
[0014]

The objects stated above can also be accomplished
25 by providing an image signal processing apparatus having an image signal processing unit which executes the image signal processing methods described above.

[0015]

[Embodiments of the Invention]

Examples of modes of implement the invention will be described below with reference to drawings. However, these examples of implementation do not limited the technical scope of the invention.

[Principle of the Invention]

Figure 1 shows an example of graph representing the relationship between pixel positions (the horizontal axis) and the original image signal level S (the vertical axis) in a given frame. The spatial frequency of the original image signal 10, as indicated by 20 in the graph, has a large swell of the signal level relative to the pixel position; that large swell is the low frequency component, and a subtle variation in signal level overlapping that swell is the high frequency component.

[0016]

As stated above, by any of the conventional methods by which the minimum signal level is matched with the minimum display level and the maximum signal level is matched the maximum display level, only the gradations of the display level are allocated to more frequent image signal levels as much as possible, but displaying on the display apparatus cannot be accomplished with sufficient contrast.

[0017]

According to the invention, the low frequency component shown in Figure 1 is extracted from the spatial frequency of the original image signals, and the high frequency component is extracted by removing
5 that low frequency component from the original image signals. And signals resulting from adding the low frequency component weighted with less than 1 to the high frequency component are made display signals. Thus according to the invention, display signals are
10 generated with emphasis on the high frequency component in the spatial frequency of the original image signals in order to increase contrast.

[0018]

Further according to the invention, a histogram of
15 this high frequency component is created, and signals resulting from adding the appropriately weighted low frequency component to the high frequency component which has been converted according to a conversion function formed by the aforementioned HE method or PE
20 method are made display signals. In this way, it is made possible to arrange signals of the high frequency component substantially uniformly within the dynamic range of the display signal levels and thereby to improve contrast.

25 [0019]

As a method of extracting the low frequency component from the spatial frequency component of the

original image signals, a moving average method is generally known, but according to the invention this extraction of the low frequency component is efficiently accomplished by a simple algorithm. This point will be described in further detail afterwards.

[0020]

Figure 2 shows an example of graph representing the histogram $H(s)$ of the high frequency component extracted from the spatial frequency of the original image signals, and conversion functions HS and IHS according to the HP (histogram projection) method and the HE (histogram equivalence) method. The horizontal axis represents the signal level and the vertical axis, the frequency (number) of pixels of each signal level and the count of the frequency as counted by the HP method and the HE method.

[0021]

First, $H(s)$ in Figure 2 is the histogram of the high frequency component. Thus, since the large swell of the level of the original image signals is the low frequency component as shown in Figure 1, that low frequency component LF is removed from the original image signals S , and then the remaining high frequency component HF has plus and minus signal levels above and below the low frequency component. Therefore, the histogram $H(s)$ of the high frequency component in

Figure 2 is distributed to the left and right of the signal level 0.

[0022]

Then, counting the frequency in this histogram
5 H(s) by the HP method which requires counting of 1 when
at least one pixel is present at each signal level
gives a substantially linear function as represented by
HS in the graph. As the histogram H(s) has long tails
left and right, the function of the counts is a linear
10 function extending over the whole range of signal
levels.

[0023]

On the other hand, counting the frequency in the
histogram H(s) by the HE method by which the number
15 (frequency) of pixels at each signal level is simply
counted (integrated) gives a function of simply
integrating the histogram H(s) as represented by IHS in
the graph. In this function, the inclination is
steeper in a higher frequency region and the
20 inclination is easier in a lower frequency region.

[0024]

Then, signal levels S in the range from SLmin to
SLmax are converted to display levels in the range from
0 to DLmax with one of these functions HS and IHS as
25 the conversion function. Thus, the signal level S1 in
the graph, when converted, becomes a display level of
d1 or d2. It can be understood that, by the HP method,

gradations of the display level are allocated only to the existing image signals. It can also be understood that, by the conversion function IHS of the HE method, more gradations of the display level are allocated to the region of a higher frequency.

[0025]

The present inventor found that contrast often failed to be improved by conversion simply according to the linear function of the HP method. The reason is that, since even the histogram $H(s)$ of the high frequency component draws long tails left and right in images of the natural world as shown in Figure 2, the linear function also extends from the minimum SL_{min} to the maximum SL_{max} of the signal level, reaching $2(S_{max} - S_{min})$ in the worst case. Therefore, by using the integrated value of the histogram as the conversion function in accordance with the HE method, contrast can be improved by a big leap.

[0026]

Figure 3 is a histogram showing the aforementioned converted display levels and their frequencies. As is evident from this graph, by using the integrated value IHS according to the HE method as the conversion function, the frequencies are substantially uniformized relative to the display levels. This means that contrast can be improved by effectively utilizing the limited range of display levels. On the other hand,

where the linear function HS according to the HP method is used as the conversion function, the frequency is higher in the narrow range of display levels as before the conversion.

5 [0027]

Figures 4, 5, 6 and 7 show as examples for supplementary reference an original image (Figure 4), an image displayed at the converted display level only with respect to the high frequency component (Figure 5),
10 an image resulting from the addition of a 1/4 weight to the low frequency component at the display level of that converted high frequency component (Figure 6), and an image resulting from the displaying of only the low frequency component (Figure 7).

15 [0028]

Compared with the example of original image (Figure 4), the example of only the high frequency component (Figure 5) is more contrasty, with the contrast of details emphasized. However, with only the
20 high frequency component, the right side of the frame, which is the brighter part, and the left side of the frame, which is the darker part, will become about as bright, sometimes looking unnatural. In such a case, therefore, by adding a low frequency component
25 suppressed by appropriately weighting low frequency component to the high frequency component (Figure 6) to make the right side of the frame generally brighter

than the left side, and furthermore the contrast in each region is emphasize.

[0029]

Figure 8 is an example of graph showing a
 5 histogram $H(s)$ of the high frequency component
 extracted from the spatial frequency of the original
 image signals and the conversion function IHS by the PE
 (plateau equivalence) method. In this example, too,
 $H(s)$ is the histogram of the high frequency component.
 10 And by the plateau equivalence method, instead of using
 the integrated value of the histogram $HS(s)$, a
 prescribed value is given to the maximum N of the
 frequency of each signal level, and that maximum is
 counted as the frequency of that when there is a
 15 greater frequency. According to this plateau
 equivalence method, the integrated value of the
 frequencies shaded in Figure 5 constitutes the
 conversion function IHS .

[0030]

20 Therefore, when the peak level of the histogram
 $H(s)$ is extremely high, extreme emphasis of that region
 can be avoided.

[0031]

Where this high frequency component is to be
 25 converted into a display level by the plateau
 equivalence method, by appropriately setting the
 maximum frequency N mentioned above, the HE (histogram

equivalence) method is made applicable when $N =$
infinity, the PE (plateau equivalence) method is when N
 $= M$ (M is an integer not smaller than 2) or the HP
(histogram projection) method is when $N = 1$.

5 [0032]

To sum up the principle of the present invention
so far described, first the high frequency component HF
and the low frequency component LF are separated from
the spatial frequency of the original image signals S
10 having a wide dynamic range, and multiplication of the
low frequency component by a low weighting coefficient
 β of less than 1 and adding the result to the high
frequency component HF constitutes the basis of signal
processing. Thus the display signal DP is as follows.

15 [0033]

$$S = HF + \beta LF$$

$$DP = HF + \beta LF$$

To add, in this first signal processing, division
further into to the high frequency component HF, the
20 intermediate frequency component MF and the low
frequency component LF and multiplying the intermediate
frequency component and the low frequency component
respectively by weighting coefficients γ and β of both
less than 1 would also be acceptable. In that case,
25 the display signals DP is as follows.

[0034]

$$S = HF + LF + MF$$

$$DP = HF + \beta LF + \gamma MF$$

A second signal processing is to create a histogram of the high frequency component HF and, by using as the conversion function an integral function obtained by counting the frequency of each signal level with the maximum frequency being limited to N, the original image signal level is converted into a display signals level DHF. And the low frequency component weighted by β is added to the signal level of that converted the high frequency component. The arithmetic expression by which the display signals DP (j, k) of the pixels (j, k) in that case is figured out is as follows.

[0035]

$$\begin{aligned} HF(j, k) &= S(j, k) - LF(j, k) \\ DHF(j, k) &= DLmax * IHS(HF(j, k)) / IHS(SLmax) \\ DP(j, k) &= (1 - \beta) * DHF(j, k) + \beta(LF(j, k)) \end{aligned}$$

To add, as shown in Figure 3 or Figure 8, DLmax is the maximum display level and SLmax, the maximum of the signal level on the horizontal axis; hence IHS (SLmax) is the maximum integrated value of the conversion function.

[0036]

A third signal processing is processing to make possible setting and alteration as appropriate the maximum frequency N and the weighting coefficient β or

γ in the second signal processing described above.

Thus, it is as shown in the following table.

[0037]

[Table 1]

5

Number	Conversion Method	Maximum Frequency N	Weighting Coefficient β	Image Example
1	HP	$N=1$	$\beta < 1$ ($\beta=1$)	(d)
2	HE	$N > 1$ ($N=50$) ($N=100$)	$\beta < 1$ ($\beta=1/2$) ($\beta=1/4$)	(c) (b)
3	PE	$N=\infty$	$\beta < 1$ ($\beta=0$)	(a)
4	No Conversion	-	$\beta < 1$	-
5	No Conversion	-	$\beta=1$	Current Image

And image examples (a), (b), (c) and (d) listed in the table above are shown in Figures 9, 10, 11 and 12. Number 5 in the foregoing table denote an example of displaying an original image as it is on a display apparatus (Figure 4). Further, number 4 denotes a method by which the low frequency component is weighted and added the high frequency component without performing conversion according to the count function of the histogram, and corresponds to the first signal process described above. This example is not illustrated. Further, number 3 denotes a case in which the display level DHF converted from the high frequency component by the PE conversion method with the maximum

frequency N being set to infinity, to which the weighted low frequency component is added. Figure 9 shows an image example (a) in which the display level DHF converted from the high frequency component is
5 displayed with a weighting coefficient $\beta = 0$.

[0038]

Number 2 shows a case in which the converted display level DHF converted by the HE method with the maximum frequency N of an integer no smaller than 2 and
10 the weighted low frequency component βLF are added. Figure 10 shows an image (b) wherein $\beta = 1/4$, and Figure 11, an image example (c) wherein $\beta = 1/2$.

[0039]

And number 1 denotes a case in which the converted
15 display level DHF converted by the HP method with the maximum frequency N of 1 and the weighted low frequency component βLF are added. Figure 12 shows in particular an image example (d) wherein $\beta = 1$.

[0040]

20 As described above, the addition of the converted display level DHF converted from the high frequency component by the count function IHS of the histogram and the low frequency component multiplied by the weighting coefficient β constitutes the basic signal
25 processing, and signal processing of numbers 1, 2 and 3 in the table can be accomplished by appropriately

selecting or altering the maximum frequency N and the weighting coefficient β .

[0041]

Also, where the maximum frequency $N = 1$ is set, it
5 will be equivalent to a case of non-conversion like in
HS of Figure 3 as described above, and numbers 5 and 1
in the table above may give substantially the same
results.

[0042]

10 [Image Signal Processing Apparatus]

Figure 13 is a schematic block diagram of a signal
processing apparatus for the image signals described
above. Reference numeral 31 denotes, for instance, an
infrared or X-ray camera; analog original image signals
15 S that have been picked up are converted into digital
signals by an analog-to-digital converter AD and
temporarily recorded in a memory 32. Reference numeral
38 denotes a signal processing apparatus, for instance
a digital signal processor in which a built-in ROM
20 storing an operating program is customized. Where it
is a general-purpose processor, the aforementioned
signal processing is carried out in accordance with a
signal processing for arithmetic operation, stored in a
memory 39.

25 [0043]

The low frequency component LF extracted from the
original image signals S, the high frequency component

HF created by removing the low frequency component LF from the image signals S, the conversion function IHS for the frequency count of the histogram, and the converted display signals DHF of the high frequency component converted by that conversion function IHS are stored in a memory 34. These arithmetic operations are as already described, and all those arithmetic operations are performed by the processor 38. And the display signals DP resulting from the addition of the converted display signals DHF and the low frequency component LF weighted by β is stored into a memory 33. Thus, the memory 33 is a frame memory.

[0044]

Display data in the frame memory 33 are converted by the analog-to-digital converter AD into analog values and displayed on a display apparatus 37, such as a CRT. Also, the weighting coefficient β , the maximum frequency N and so forth are appropriately set with a controller 35. The operator, while watching the display screen, sets these values variably.

[0045]

[Curved Surface or Multi-surface Division Approximation Method]

According to the invention, by extracting the low frequency component of the spatial frequency out of the original image signals and subtracting that low frequency component from the original image signals,

the high frequency component is figured out. In order to reproduce the image signals on a display apparatus, it is necessary to create display data for 60 frames in one second for instance. General arithmetic operation
5 to extract the low frequency component out of image signals is normally accomplished by calculating the moving average.

[0046]

This moving average is a means by which the
10 average of, for instance, image signal levels of 25 pixels within a range of 5×5 pixels is given as the low frequency component of their central pixel. Therefore, in order to compute the low frequency component of one pixel, reading should be performed as
15 many as 25 times out of the memory 32, shown in Figure 17, in which image signal levels are stored. Moreover, accessing the memory 25 times for every memory imposes a heavy load on the processor 38, and in the worst case it may become impossible to create 60 frames in one
20 second.

[0047]

Therefore, the present invention provides a method by which the frequency of accessing the memory to create the low frequency component can be extremely
25 reduced.

[0048]

Figure 14 is a drawing in which a display frame is divided into a plurality of quadrangles to extract the low frequency component. In this example, a division is made into $4 \times 4 = 16$ quadrangles. Plotting the levels of image signals at the vertexes in the direction of the Z axis and linking the vertexes by straight lines will give, for instance, what is shown in Figure 15. As shown in the drawing, straight lines linking the grid approximate the low frequency component LF, micro-signals superposed over the low frequency component LF constitute the high frequency component. A method by which a division is made with quadratic curved surface in this way to figure out the high frequency component is known as the curved surface division approximation method.

[0049]

Figure 16 is a drawing for describing interpolative computation regarding one of the quadratures into which the division is made as shown in Figure 14. In this example, the signal levels at the four vertexes are supposed to be $S(0, 0)$, $S(0, n)$, $S(m, 0)$ and $S(m, n)$. And it is supposed that the quadrature surrounded by those four vertexes contain $(m + 1) \times (n + 1)$ pixels. In order to figure out the low frequency component in each pixel, the signal level of the low frequency component of each pixel can be figured out

simply by performing interpolative computation from the signal levels of the four vertexes.

[0050]

In the foregoing example, the signal level at the
5 pixel (i, j) is as follows.

[0051]

$$LF(i, j) = [S(0, 0)*(m - i)*(n - j) + S(0, n)*(m - i)*j + S(m, 0)*i*(n - j) + S(m, n)*i*j]/m/n \quad (i = 0 \text{ to } m, j = 0 \text{ to } n)$$

10 Where the quadrature is a square, it will contain (n + 1) × (n + 1) pixels.

[0052]

Figure 17 is a drawing showing the relationships between the four vertexes and pixels. Within a vertex,
15 7 × 9 = 63 pixels are contained. And it is preferable, with a view to reducing the influences of noise and point light sources, to use as the signal level at each vertex shown in Figure 15 or Figure 16 the average of signal levels of plurality of pixels on and around each
20 vertex. Thus as shown in Figure 17, for the vertex S(0, n), the average of the image signal levels (intensities) at the nine shaded pixels is adopted as the signal level of the vertex S(0, n):

[0053]

25 The computation formula for figuring out the average of (2n + 1) × (2n + 1) pixels on and around a vertex is, for example:

[0054]

[Formula 1]

$$\alpha(j, k) = \sum_{j=-n}^n \sum_{k=-n}^n \alpha(j, k) / (2n + 1)^2$$

Incidentally, the signal level (intensity) at each
 5 vertex can be computed from the original image signal
 level in a single frame. As another method, it is also
 possible to use moving averages on the time axis from a
 plurality of frames from the viewpoint of the S/N ratio.
 The signal level $C(j, k)$ at the vertex in that case is
 10 figured out by:

[0055]

[Formula 2]

$$\alpha(j, k) = \sum_{t=-n}^0 \alpha(j, k, t) / (n + 1)$$

This indicates the average of $n+1$ frames from a
 15 point of time $t = -n$ till $t = 0$, though. By adopting
 moving averages on the time axis from a plurality of
 frames, temporal noise can be removed.

[0056]

Also, as another method, it is also possible to
 20 achieve extraction by multiplication by the weighting
 coefficient C^n on the time axis from a plurality of
 frames of the original image signals. That weighting
 coefficient is such as one being heavier on the target
 frame and becoming lighter with the distance from the
 25 target frame on the time axis. The signal level $C(j,$
 $k)$ at the vertex in that case is as follows.

[0057]

[Formula 3]

$$\alpha(j, k) = \frac{\sum_{t=-n}^0 C^{-n} \alpha(j, k, t)}{\sum_{t=-n}^0 C^{-n}}$$

In this case again, temporal noise is reduced and
 5 the S/N ratio is improved.

[0058]

It is not necessary to perform the computation of
 the signal level at the vertex and interpolative
 computation using that signal level for every frame
 10 described above, when, for instance, the variations of
 images are gradual, but updating every 0.2 to 0.5
 second, for instance, could well enable real-time
 displaying to be accomplished. In this case, the load
 of computation can be reduced.

15 [0059]

By the curved surface division approximation
 method described above, in order to reduce
 discontinuity on the boundary of curved surface
 approximation, it is preferable to perform smoothing on
 20 the low frequency component LF at each pixel point
 obtained by the approximating calculation. This
 smoothing is accomplished by, for instance, computation
 to average the pixels around. Thus, the computation
 formula for averaging the low frequency components LF
 25 of $(2n+1) \times (2n+1)$ pixels around the target pixel is
 as follows.

[Formula 4]

$$LF(j, k) = \sum_{j=-n}^n \sum_{k=-n}^n LF(j, k) / (2n + 1)^2$$

[0061]

To add, the foregoing computation can be processed
 5 at high speed by temporarily storing into, for instance,
 a buffer the low frequency component of each pixel,
 created by the computation process in the digital
 signal processor.

[0062]

10 Figure 18 shows a case in which the density of
 vertexes in the central area in the frame is increased
 to enable low to high frequencies to be suppressed, and
 displaying in natural gradations is thereby made
 possible. Thus, there is no need, when making planar
 15 division, to equally divided the inside of the frame.

[0063]

By this method of division, the whole frame is
 divided into, for instance, a few parts, and a
 histogram of image signals in each area is created.
 20 And where the distribution range of the histogram is
 broad, as it means that the variation rate of image
 signal levels (intensities) is high, the size of the
 surface into which division is to be made is set
 smaller for that area. Or where the distribution range
 25 of the histogram in the area is narrow, as it means
 that the variation rate of image signal levels is low,

the size of the surface into which division is to be made is set greater. Thus, in an area where the variation rate of image signal levels is high, relatively high frequencies among the low frequency component are also contained. As a result, a low frequency component closer to the image signal level can be approximated.

[0064]

Figure 19 is a drawing showing a case in which quadratic surfaces are distorted in quadratic curved surface division approximation. Surfaces of quadratures may be distorted as illustrated here, and therefore the above-described method of interpolative approximation may result in inaccurate low frequency components that are approximated.

[0065]

In this connection, as another method of surface division approximation according to the invention, there is a method of dividing the frame by a large number of triangles. (A) and (B) in Figure 20 show cases in which the frame is divided by triangles. The example of Figure 20 (A) is a case in which division is made by triangles differing in size, and the example of Figure 20 (B), a case in which division is made by regular triangles, more finely in the central area of the frame. Figure 21 is a drawing showing the

relationships between pixels and the apexes of triangles where division is made by regular triangles.

[0066]

Division of a frame by triangles enables the divided surface to be defined by a plane. This is evident from the mathematical theorem that a plane is uniquely determined by three points. Therefore, division by triangles makes it possible to avoid interpolative computation with signal levels of vertexes on a distorted surface such as the one shown in Figure 19. The method by which division is made by a large number of planes to accomplish approximation is known as the multi-surface division approximation method.

15 [0067]

Figure 22 is a drawing in which the original image signal levels are plotted on the z axis with respect to a case in which quadratures give a curved surface as in Figure 19. In this case, there are two triangles within the vertexes $(0, 0)$, $(0, n)$, $(n, 0)$ and (n, n) . The image signal levels at the vertexes being represented by $S(0, 0)$, $S(0, n)$, $S(n, 0)$ and $S(n, n)$, the signal levels of the internal pixels can be figured out by the following interpolative computation. And the signal levels thereby figured out are the approximated signal levels of the low frequency component.

[0068]

Between the vertexes $(0, 0)$ and (n, n) $i = j$ holds,

$$LF(i, j) = [S(n, n) - S(0, 0)] * i/n + S(0, 0);$$

between the vertexes $(0, 0)$ and $(n, 0)$ $j = 0$ holds,

5 $LF(i, 0) = [S(n, 0) - S(0, 0)] * i/n + S(0, 0);$

between the vertexes $(0, 0)$ and $(0, n)$ $i = 0$

holds,

$$LF(0, j) = [S(0, n) - S(0, 0)] * j/n + S(0, 0).$$

Therefore, for the pixels in the triangle of the

10 vertexes $(0, 0)$, $(n, 0)$ and (n, n) ,

$$LF(i, j) = [LF(i, i) - LF(i, 0)] * j/i + LF(i,$$

0) holds.

On the other hand, for the pixels in the triangle of the vertexes $(0, 0)$, $(0, n)$ and (n, n) ,

15 $LF(i, j) = [LF(j, j) - LF(0, j)] * i/j + LF(0,$
j) holds.

Therefore, by performing the five computations above, the signal levels of the pixels can be figured out by interpolative computation.

20 [0069]

Incidentally, as regards the method of figuring out the image signal levels at the vertexes, as described with respect to curved surface division approximation using quadratures, it can be figured out
25 in a single frame, by calculating moving averages in a plurality of frames on the time axis, by multiplying by a weighting coefficient or otherwise.

[0070]

As described, according to the invention, for the purpose of figuring out the signal level of the low frequency component at each pixel, a signal level
5 cleared of the high frequency component can be automatically figured out by dividing the inside of the frame into a plurality of surfaces (curved surfaces or plane surfaces) and by obtaining the signal levels of pixels from the original image signal levels at the
10 vertexes by interpolation. Therefore, it is not necessary to read the original image signal level of every pixel out of the memory 32. By performing the aforementioned interpolative computation from the original image signal level at the vertex, the low
15 frequency component can be automatically figured out, resulting in a reduced load of computation.

[0071]

Figure 23 comprises drawings illustrating a method of extracting the low frequency component and the
20 intermediate frequency component from the spatial frequency of the original image signal level by the surface division approximation method. Figure 23 (A) shows the position i on the horizontal axis and the signal level $S(i)$ of each component on the vertical
25 axis. Figure 23 (B) shows a plane ABC divided by triangles.

[0072]

Graph A-1 of Figure 23 (A) shows an image signal together with its low frequency component and intermediate frequency component. By figuring out the signal level of the internal pixels from the signal level $S(i)$ at the vertexes A, B and C out of this image signal level by interpolation, the signal level of the low frequency component can be obtained. Graph A-2 shows image signals resulting from the removal of the low frequency component mentioned above from the original image signal level. Further, by figuring out the signal level of the internal pixels by interpolation on the basis of these image signals cleared of the low frequency component at the finer vertexes A, B, C and a through l in Figure 23 (B), the signal level of the intermediate frequency component can be obtained. Graph A-3 shows a signal of the high frequency component resulting from the removal of signals of the low frequency component and the intermediate frequency component from the original image signals.

[0073]

In this connection according to the invention, by multiplying the low frequency component and the intermediate frequency component by any weighting coefficients β and γ of less than 1 and adding the weighted components to the high frequency component with a view of emphasizing contrast, the display signal

level is computed. Therefore, the display signals $DP(j, k)$ in this case can be figured out by:

$$DP(j, k) = HF(j, k) + \beta LF(j, k) + \gamma MF(j, k)$$

[0074]

5 Further by converting the image signal levels into the dynamic range of the display signal levels with respect to the high frequency component by the aforementioned HP method, HE method or PE method (see the table above), contrast can be increased. This
10 point was already described.

[0075]

Figure 24 shows a flow chart of the image signal processing described above. The image signal processing method according to the invention will be
15 summed up with reference to this flow chart. In this instance, the low frequency component and the high frequency component are used.

[0076]

First, the original image signals S from an image
20 pickup camera is recorded in the memory 32 ($S1$). Then, the whole frame is divided into a large number of triangles ($S2$). It is preferable for this division to be finer in triangle size correspondingly to the greatness of the aforementioned variation rate of the
25 signal level for instance. And the original image signals S of the vertex of the surface of each triangle are read out of the memory 32 ($S3$). This reading need

not be done about every pixel but is sufficient if the pixels matching the vertex are covered. And the low frequency component LF of each internal pixel is figured out by interpolative computation from the original image signal level of that vertex (S4).

[0077]

After that, the high frequency component HF of each pixel is figured out by computation of subtracting the low frequency component LF from the original image signal S (S5). And a histogram regarding the high frequency component HF is created (S6) to create the conversion function IHS by the HE method, for instance (S7). This conversion function IHS is used to convert the high frequency component HF into a display level and figure out a signal DHF (S8). Then, a display signal DP is figured out by computing the sum of the converted high frequency component DHF and the weighted low frequency component β LF (S9). And the display signal DP is recorded in the frame memory 33 (S10), and caused to be displayed on a display apparatus (S11).

[0078]

[Advantages of the Invention]

As hitherto described, according to the present invention, it is possible to create display signals that can be displayed in high contrast on a display apparatus of a narrow dynamic range out of original image signals of a wide dynamic range, picked up by an

infrared or X-ray camera. Furthermore, by using multi-surface or curved surface division approximation method for extracting the low frequency component, the load of that extractive computation can be reduced, and
5 computation for display signal creation for displaying image signals can be sufficiently accomplished a simple hardware configuration.

[Brief Description of the Drawings]

10 [Figure 1]

This is a graph representing the relationship between pixel positions (the horizontal axis) and the original image signal level (the vertical axis) in a given frame.

15 [Figure 2]

This is a graph representing the histogram of the high frequency component extracted from the spatial frequency of the original image signals, and conversion functions according to the HP (histogram projection)
20 method and the HE (histogram equivalence) method.

[Figure 3]

This is a histogram showing the converted display levels and their frequencies.

[Figure 4]

25 This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing on a display an example of original image as one example.

[Figure 5]

This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing on a display at the converted display level only with respect to the high frequency component.

[Figure 6]

This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing on a display resulting from the addition of the low frequency component weighted by $1/4$ to the display level of the converted high frequency component of Figure 5.

[Figure 7]

This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing on a display showing an image displaying only the low frequency component.

[Figure 8]

This is a graph showing a histogram of the high frequency component extracted from the spatial frequency of the original image signals and the conversion function by the PE (plateau equivalence) method.

[Figure 9]

This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing an image example (a) listed in the table on a display.

[Figure 10]

This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing an image example (b) listed in the table on a display.

[Figure 11]

- 5 This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing an image example (c) listed in the table on a display.

[Figure 12]

- 10 This is a substitute photograph for a drawing of an image reproducing an image example (d) listed in the table on a display.

[Figure 13]

This is a schematic block diagram of a signal processing apparatus for image signals.

- 15 [Figure 14]

This is a drawing of a case in which a display frame is divided into a plurality of quadrangles to extract the low frequency component.

[Figure 15]

- 20 This is a schematic diagram in which the levels of image signals at the vertexes are plotted in the direction of the Z axis with respect to the quadratures into which the division is made.

[Figure 16]

- 25 This is a drawing for describing interpolative computation regarding one of the quadratures into which the division is made.

[Figure 17]

This is a drawing showing the relationships between four vertexes and pixels.

[Figure 18]

5 This is a drawing showing a case in which the density of vertexes in the central area in the frame is increased to enable frequencies up to a higher range to be suppressed and displaying to be accomplished in natural gradations.

10 [Figure 19]

This is a drawing showing a case in which quadratic surfaces are distorted.

[Figure 20]

15 This comprises drawings showing cases in which the frame is divided by triangles.

[Figure 21]

This is a drawing showing the relationships between pixels and the apexes of triangles where division is made by regular triangles.

20 [Figure 22]

This is a drawing in which the original image signal levels are applied on the z axis with respect to a case in which the surface is distorted.

[Figure 23]

25 This comprises drawings illustrating relationships among the high frequency component, the intermediate frequency component and the low frequency component.

[Figure 24]

This shows a flow chart of image signal processing image signals,

- 5 [Description of Reference Numerals]
- 32 Original image signal memory
- 33 Display signal memory
- 38 Image signal processing unit
- S Original image signal
- 10 LF Low frequency component
- MF Intermediate frequency component
- HF High frequency component
- IHS Conversion function
- DHF Signal of converted high frequency component
- 15 DP Display signal

[Figure 1]

- #1 Original image signal level S
- #2 Low frequency component (LF)
- #3 Pixel position

5

[Figure 2]

- #1 Frequency (H)
- #2 IHS (integrated, HE method)
- #3 HS (linear, HP method)
- 10 #4 Count
- #5 Display level (DHF)
- #6 High frequency component (S)

[Figure 3]

- 15 #1 Frequency
- #2 IHS (integrated, HE method)
- #3 HS (linear, HP method)
- #4 Display level (DHF)

20 [Figure 8]

- #1 Frequency
- #2 Maximum frequency N
- #3 Display level (DHF)
- #4 Count
- 25 #5 Signal level of high frequency component (S)

[Figure 13]

- 31 Camera
- 32 Memory S(J, K)
- 33 Memory DP(J, K)
- 34 Memory
- 5 35 Controller
- 37 Display apparatus
- 38 Processor
- 39 Signal processing program

10 [Figure 15]

- #1 HF High frequency component
- #2 LF Low frequency component
- #3 (To Figure 10)

15 [Figure 21]

- #1 Pixel

[Figure 23]

- #1 Level II (intermediate frequency component)
- 20 #2 Level I (low frequency component)
- #3 Image signal
- #4 Level III (high frequency component)
- #5 Position (i)
- #6 Level I
- 25 #7 Level II

[Figure 24]

#1 Flow chart signal processing until displaying of
one frame

#2 Start

S1 Original image signals S from image pickup camera
5 recorded in memory

S2 Whole frame divided into large number of surfaces

S3 Original image signal S of vertex of each surface
read out of memory

S4 Low frequency component LF of each pixel within
10 figured out by interpolative computation from original
image signal level S of vertex

S5 High frequency component HF of each pixel computed
($HF = S - LF$)

S6 Histogram created regarding high frequency
15 component HF

S7 Conversion function IHS created by HE method

S8 High frequency component HF converted into display
level following conversion function IHS (DHF)

S9 Display signal DP figured out as sum of converted
20 high frequency component DHF and weighted low frequency
component BLF

S10 Display signal DP recorded in frame memory 33

S11 Displayed

#3 End

説明する為の図である。

【図 17】 4つの頂点と画素の関係を示す図である。

【図 18】 画面内の中心領域の頂点の密度を高くして、より高い周波数まで抑圧できるようにし、自然な階調で表示できるようにした例を示す図である。

【図 19】 四角形面が歪んでいる場合を示す図である。

【図 20】 画面を三角形で分割した場合の例を示す図である。

【図 21】 正三角形で分割された場合の、画素と三角形の頂点との関係を示した図である。

【図 22】 面が歪んでいる場合について Z 軸に原映像信号レベルを適用した場合の図である。

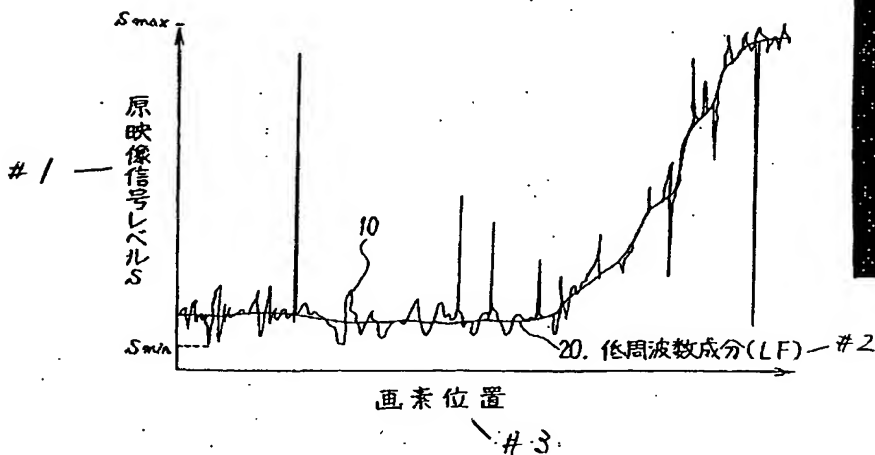
【図 23】 高周波成分、中周波成分及び低周波成分との関係を説明する為の図である。

【図 24】 映像信号処理のフローチャートを示す図である。

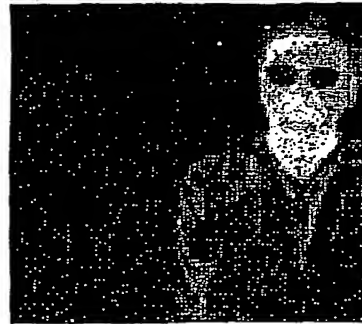
【符号の説明】

- | | |
|-------|----------------|
| 32 | 原映像信号メモリ |
| 33 | 表示信号メモリ |
| 38 | 映像信号処理部 |
| S | 原映像信号 |
| LF | 低周波数成分 |
| MF | 中周波数成分 |
| 10 HF | 高周波数成分 |
| IHS | 変換関数 |
| DHF | 変換された高周波数成分の信号 |
| DP | 表示信号 |

【図 1】



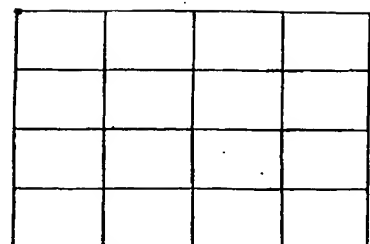
【図 4】



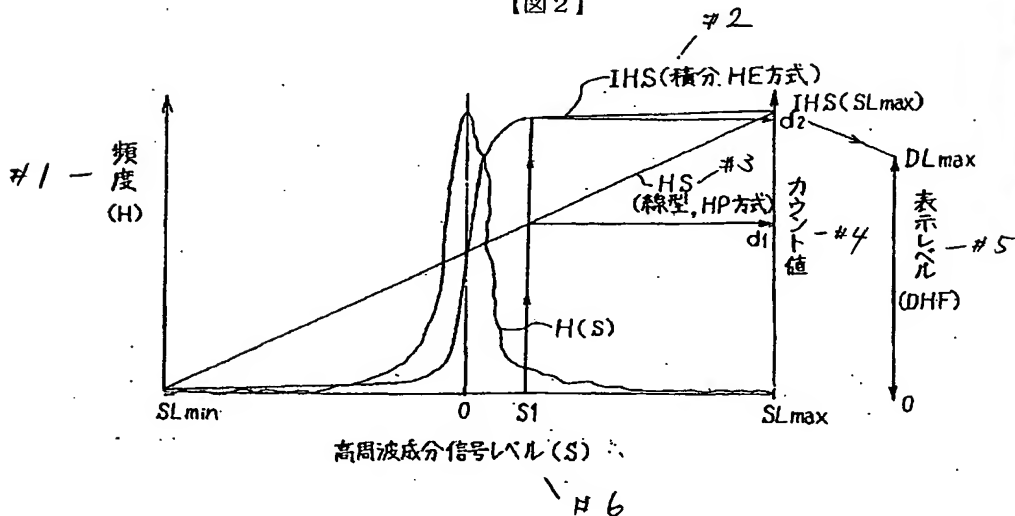
【図 5】



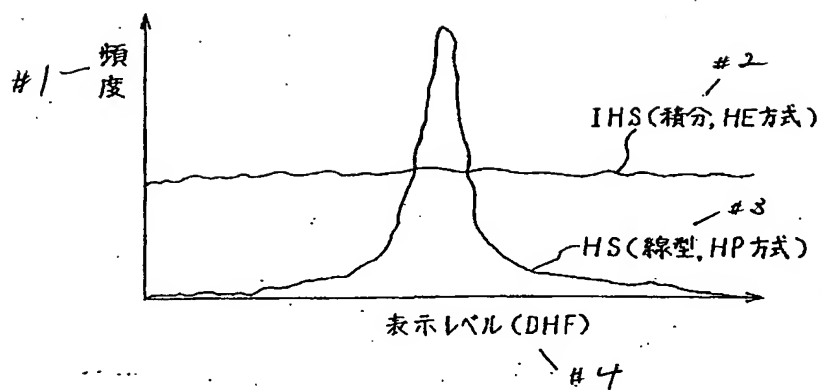
【図 14】



【図 2】



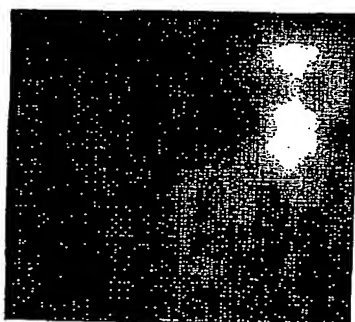
【図3】



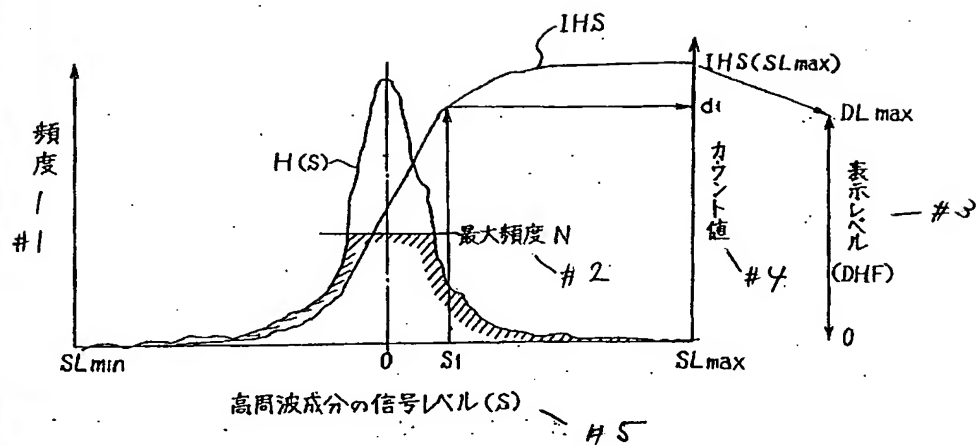
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】



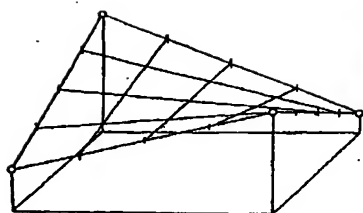
【図10】



【図11】



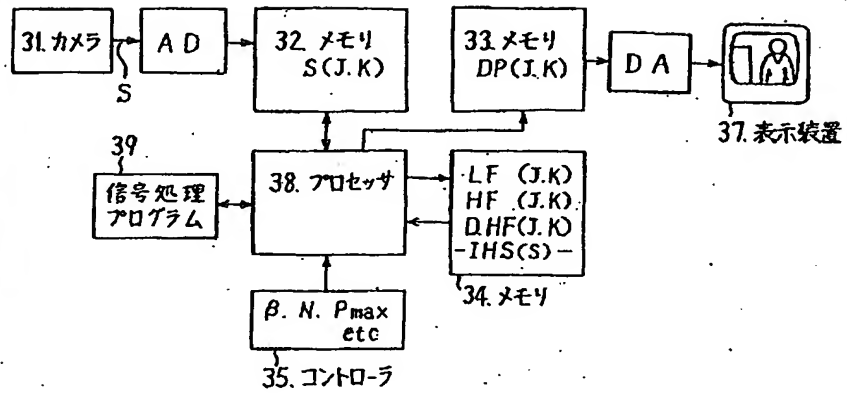
【図19】



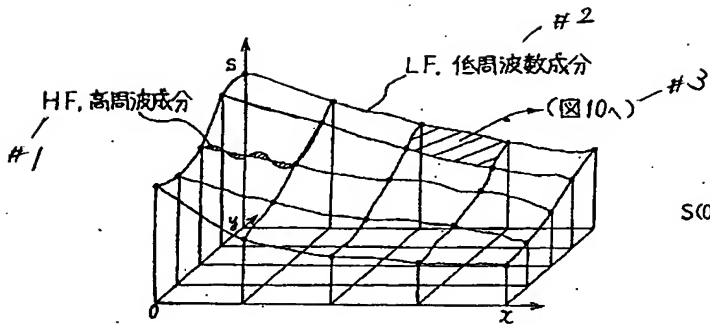
【図12】



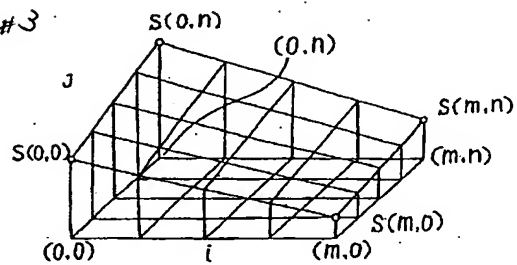
【図13】



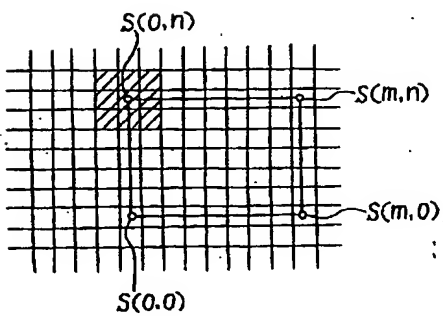
【図15】



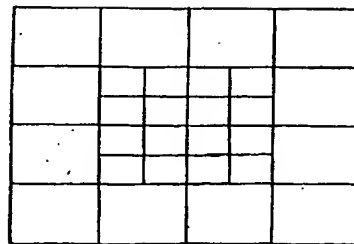
【図16】



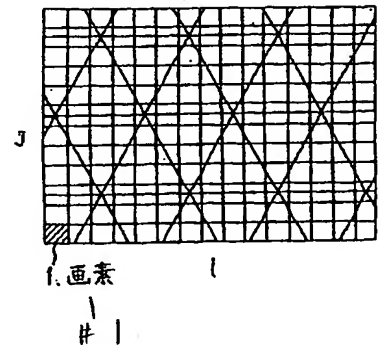
【図17】



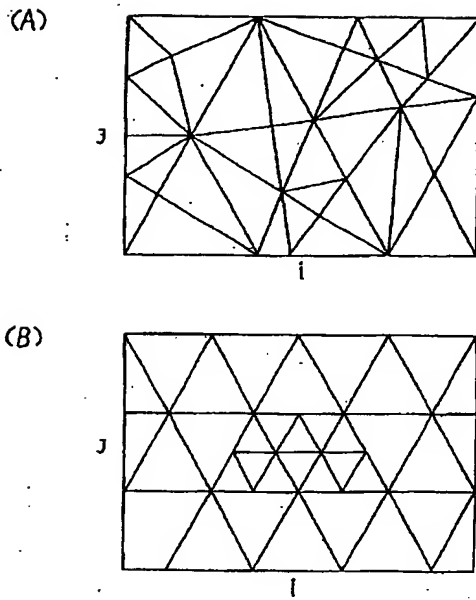
【図18】



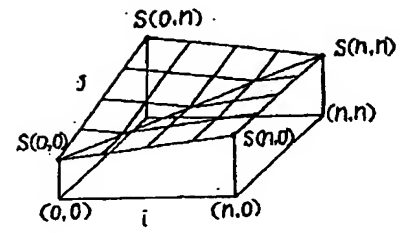
【図21】



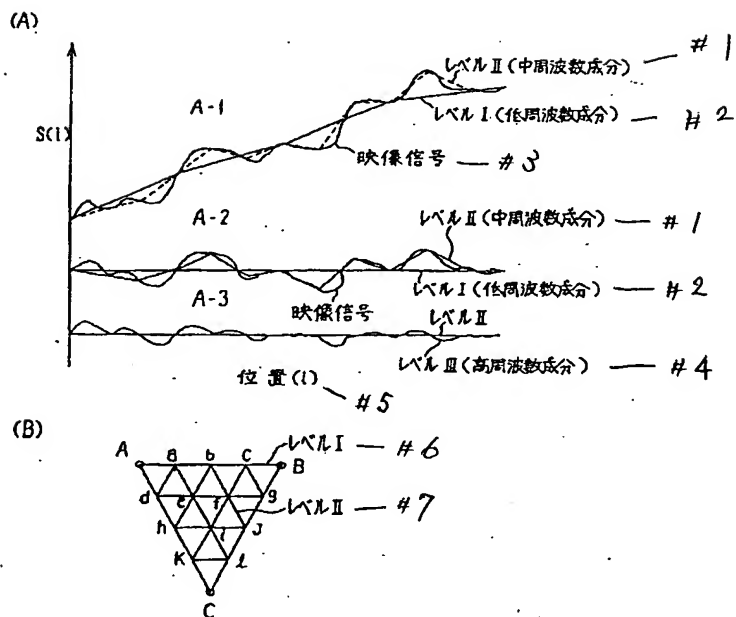
【図 20】



【図 22】



【図 23】



【図24】

1フレーム表示までの信号処理フローチャート — #1/

